

Kari Hillo
Erkki Kauppinen
Matti Keränen
Tuomo Vesajoki

Mallinnusmenetelmiä pyöräliikenteen suunnitteluun ja arviointiin



Kari Hillo, Erkki Kauppinen,
Matti Keränen, Tuomo Vesajoki

Mallinnusmenetelmiä pyörä- liikenteen suunnitteluun ja arviointiin

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 21/2016

Kannen kuva: Tytti Viinikainen

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-317-254-8

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

Kari Hillo, Erkki Kauppinen, Matti Keränen ja Tuomo Vesajoki: Mallinnusmenetelmiä pyöräliikenteen suunnitteluun ja arviointiin. Liikennevirasto, liikenne ja maankäyttö -osasto. Helsinki 2016. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 21/2016. 63 sivua. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-254-8.

Avainsanat: mallintaminen, pyöräily, liikenne

Tiivistelmä

Tässä raportissa esitellään kolmen pyöräilyn mallintamiseen liittyvän tutkimushankkeen tuloksia. Hankkeissa on tarkasteltu pyöräilyn mallintamista hieman eri näkökulmista. Ensimmäisessä tarkasteltiin pyöräilyä, sen kysyntää ja ominaisuuksia, osana kokonaisliikemistä Lahden seudulla. Toisessa tutkimuksessa tarkasteltiin pyöräilyn mallintamista käytännönläheisemmin: pyöräilyn nopeuksia, reitinvalintaa sekä mallintamista Emme-ohjelmistolla. Kolmannessa tutkimuksessa kokeiltiin GPS-mittausten käyttöä pyöräilyn nopeuksien ja viivytyksien määrittämisessä.

Lahden osatutkimuksessa simuloitiin yksittäisten talouksien ja yksilöiden liikkumiskäyttäytymistä ja siihen liittyviä päätöksentekotilanteita Brutus-mallilla. Malli on liikenteen kysyntämalli, jonka avulla voi laatia liikenne-ennusteita. Brutus-malli on yksilömalli, joka tarkoittaa sitä, että malli simuloi yksilöiden sekä kotitalouksien liikkumiskäyttäytymiseen liittyviä valintoja. Mallia käytettiin Lahden yleiskaavatyössä. Liikkumisenennusteen perusteella pyöräliikenteen verkoston ja yhteyksien kehittäminen ei näytä kompensoivan kaupunkirakenteen laajenemisesta aiheutuvaa haittaa. Mallin avulla voidaan pyöräliikennettä tarkastella samalla tavalla kuin muitakin kulkumuotoja.

Toisessa tutkimuksessa lähtökohtana oli väylien laatutekijöiden vaikutus pyöräilyn reitinvalintaan. Tämä jää liikennemalleissa yleensä liian vähälle huomiolle. Työssä mukana olleet case-kaupungit Oulu, Rovaniemi, Kokkola ja Joensuu valikoituivat pääosin siten, että tutkimuksen tekijät ovat aikaisemmin laatineet niihin liikennemallit. Työssä tehtiin haastattelututkimus pyöräilyyn liittyvistä tekijöistä, tehtiin kenttämittauksia nopeuksista ja testattiin saatuja tuloksia liikennesuunnitteluohjelmistossa (Emme). Tehdyt testit neljän kaupungin liikennemalleilla osoittivat, että mallit ovat kehitettävissä hyviksi työkaluiksi mm. pyöräilyn pääreittien priorisointiin ja yleensäkin tarkempien pyöräilyn matka-aikojen tuottamiseen. Liikennemallilla voidaan myös simuloida liikenteen kuormituksia reittikohtaisesti, jolloin saadaan informaatiota investointitarpeiden kohdentamiseen oikeisiin kehittämiskohteisiin.

Kolmannessa tutkimushankkeessa kokeiltiin GPS-mittauksiin perustuvaa pyöräilyn nopeuksien ja viivytyksien tutkimista Jyväskylän seudun liikenneverkon eri osissa. Työssä saatiin runsaat 470 hyväksyttyä mittauskertaa. Saatujen tulosten perusteella laadittiin havaittujen keskinopeuksien ja viivytysten perusteella katujen ja liittymien luokittelu. Laadittua luokittelua voidaan käyttää muissakin kaupungeissa. Luokittelu toimii hyvin pohjana myös tietokoneella tehtävissä mallinuksissa. GPS-mittaukset osoittautuivat käyttökelpoiseksi tavaksi saada tietoa myös pyöräilijöiden käyttämistä reiteistä.

Pyöräilijöiden liikennekäyttäytymistä voidaan ohjata kaupungeissa suunnittelemalla laadukas pyöräilyverkosto niin, että pyöräilijä voi ajaa turvallisesti ja muun liikenteen estämättä. Keskikaupunkialueilla liikenneverkkoa voitaisiin toteuttaa nykyistä enemmän kävelyn ja pyöräilyn ehdoilla.

Tutkimusten perustana oli pyöräliikenteen mallintamisen parantaminen. Edelleen tarvitaan lisää tietoa muun muassa liikenneturvallisuuden vaikutuksista pyöräilyyn sekä kulkutavan ja reitinvalintaan liittyvien tekijöiden selvittämistä.

Kari Hillo, Erkki Kauppinen, Matti Keränen och Tuomo Vesajoki: Modelleringsmetoder för planering och bedömning av cykeltrafiken. Trafikverket, trafik och markanvändning. Helsingfors 2016. Trafikverkets undersökningar och utredningar 21/2016. 63 sidor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-254-8.

Sammanfattning

Denna rapport presenterar resultat från tre forskningsprojektet om modellering av cykling. I projekten har man studerat modelleringen från något olika synvinklar. I det första projektet granskade man cyklingen, dess efterfrågan och egenskaper, som en del av den totala trafiken i Lahtisregionen. I den andra studien undersökte man modellering av cykling mera i praktiken: cyklisternas hastigheter, ruttval samt modellering med programmet Emme. I den tredje undersökningen använde man GPS-mätningar för att fastställa cyklisternas hastigheter och fördröjningar.

I delundersökningen för Lahtis simulerades enskilda hushålls och individers trafikbeteende och relaterade beslutsfattandesituationer med Brutus-modellen. Modellen är en frågemodell för trafik, med vilken trafikprognoser kan göras upp. Brutus är en individmodell, vilket innebär att den simulerar individers och hushålls val i anslutning till trafikbeteende. Modellen användes i generalplanearbetet för Lahtis. Trafikprognosen visar att en utveckling av cykeltrafiknätet och förbindelserna inte verkar kompensera för de olägenheter som en utvidgning av stadsstrukturen orsakar. Med hjälp av modellen kan cykeltrafiken studeras på samma sätt som även andra fortskaffningssätt.

I den andra studien var utgångspunkten hur trafikledernas kvalitet inverkar på cyklisternas val av rutt. Detta får i regel för lite uppmärksamhet i trafikmodellerna. De case-städer som ingick i arbetet valdes främst därför att de som utförde studien har gjort trafikmodeller för dessa städer tidigare. I arbetet gjordes en intervjustudie om faktorer som påverkar cyklingen och fältmätningar av hastigheterna. Resultaten testades i trafikplaneringsprogrammet Emme. Utförda test med fyra städers trafikmodeller visar att modellerna kan utvecklas till goda verktyg bl.a. för prioritering av huvudlederna för cykling och även för att producera noggrannare restider för cykling i allmänhet. Med trafikmodellen kan även trafikbelastningar per rutt simuleras, vilket ger information som gör att behoven av investeringar kan inriktas på rätt utvecklingsområden.

I det tredje forskningsprojektet undersökte man med GPS-mätningar cyklisternas hastigheter och fördröjningar i olika delar av trafiknätet i Jyväskyläregionen. Projektet resulterade i drygt 470 godkända mätningar. Utifrån resultaten gjorde man på basis av medelhastigheterna och fördröjningarna upp en klassificering för gator och anslutningar. Denna klassificering kan även användas i andra städer. Klassificeringen fungerar bra som grund även för datormodelleringar. GPS-mätningarna visade sig även vara ett användbart sätt för att få information om vilka rutter cyklisterna använder.

Cyklisternas trafikbeteende i städerna kan styras genom en god planering av cykeltrafiknätverket, så att cyklisten kan köra säkert utan att hindras av den övriga trafiken. I centrumområdena kunde trafiknätet mera än nu byggas på fotgängarnas och cyklisternas villkor.

Syftet med studierna var att förbättra modelleringen av cykeltrafiken. Ytterligare information behövs om bland annat trafiksäkerhetens inverkan på cyklingen samt en utredning om vilka faktorer som påverkar färdstället och ruttvalet.

Kari Hillo, Erkki Kauppinen, Matti Keränen and Tuomo Vesajoki: Modelling methods for planning and assessing cycle traffic. Finnish Transport Agency, Transport and Land Use. Helsinki 2016. Research reports of the Finnish Transport Agency 21/2016. 63 pages. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-254-8.

Summary

This report presents the results of three research projects relating to cycling modelling. The projects have examined cycling modelling from slightly different perspectives. The first project examined cycling, and demand for and features of cycling as part of overall mobility in the Lahti region. The second study examined cycling modelling more pragmatically: cycling speeds, route choice and modelling using Emme software. The third study tested the use of GPS measurements to determine cycling speeds and delays.

The Lahti sub-study simulated the mobility behaviour of individual households and individuals and related decision-making situations using the Brutus model. This is a transport demand model that enables traffic forecasts to be drawn up. The Brutus model is an individual one, which means that it simulates choices relating to mobility behaviour made both by individuals and households. The model was used in city planning work in Lahti. On the basis of the mobility forecast, it does not appear that developing the cycle traffic network and connections will compensate for the inconvenience caused by expansion of the infrastructure. The model enables cycle traffic to be examined in the same way as other modes of transport.

The starting point of the second study was the impact of road quality factors on cycle route choices. This usually receives too little attention in traffic models. The case cities involved in the work were selected mainly through the fact that the authors of the study had drawn up traffic models for them before. An interview survey was conducted on factors relating to cycling, field measurements of speeds were made and the results obtained were tested using traffic planning software (Emme). Tests conducted using the traffic models of four cities showed that the models can be developed into good tools for, among other things, prioritising main routes for cycling and producing more accurate cycling travel times. The traffic models can also be used to simulate traffic loads on a route-specific basis, which means that information for targeting investment needs to the appropriate development areas is obtained.

The third research project examined cycling speeds and delays on the basis of GPS measurements in various sections of the transport network in the Jyväskylä region. More than 470 accepted measurement runs were obtained in the work. On the basis of the results, a classification of streets and junctions based on observed average speeds and delays was drawn up. It can be used in other cities as well. The classification worked well as a basis in computer modelling too. The GPS measurements proved to be a useful way of obtaining information also about the routes used by cyclists.

The mobility behaviour of cyclists can be guided in cities by planning a high-quality cycling network in such a way that cyclists can ride safely without being hindered by other traffic. The transport network in city-centre areas could be implemented more on the terms of pedestrians and cyclists.

This basis of the studies was improvement of cycle traffic modelling. More information is still needed on, among other things, the impacts of road safety on cycling as well as an investigation of factors relating to mode of transport and route choice.

Esipuhe

Tässä raportissa esitellään kolmen pyöräilyyn liittyvän tutkimushankkeen tulokset. Hankkeet ovat saaneet rahoitusta Liikenneviraston, ympäristöministeriön, Kunnossa kaiken ikää (KKI) -ohjelman ja liikenne- ja viestintäministeriön Kuntien ja kaupunkiseutujen kävelyn ja pyöräilyn edistämistä tukevasta T&K -rahoitushausta 2015.

Työn ohjaamiseen osallistuivat Liikennevirastosta Tytti Viinikainen, Erika Helin, Harri Lahelma ja Matti Pesu, ympäristöministeriöstä Kaisa Mäkelä sekä Kunnossa kaiken ikää -ohjelmasta Liisamaria Kinnunen.

Hankkeesta ”Pyöräliikenteen vaikutusarvioinnin kehittäminen – case Lahden yleiskaava” vastasi Strafica Oy (Kari Hillo). ”Pyöräilyn liikennemallin matka-aikatiedon kehittäminen – case Oulu, Rovaniemi, Kokkola ja Joensuu” tutkimuksen teki Ramboll Finland Oy (Tuomo Vesajoki, Erkki Kauppinen). Tutkimuksen ”Väyläsuunnitelman toimivuuden mittaaminen jalankulun ja pyöräilyn näkökulmasta – case Jyväskylä” laativat Trafix Oy (Matti Keränen) ja Jyväskylän pyöräilyseura JYPS ry (Samuli Rinne).

Helsingissä huhtikuussa 2016

Liikennevirasto

Liikenne- ja maankäyttö -osasto

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	8
2	PYÖRÄLIIKENTEEEN VAIKUTUSARVIOINNIN KEHITTÄMINEN – CASE LAHDEN YLEISKAAVA.....	10
2.1	Tutkimushankkeen kuvaus	10
2.1.1	Lähtökohtia	10
2.1.2	Tavoitteet.....	10
2.2	Strategisten mallien kehittämistarve	11
2.2.1	Perinteisten mallien rajoitteet kävelyn ja pyöräilyn arvioinnissa	11
2.2.2	Suunnitteluparadigman muutos	12
2.3	Brutus – henkilöliikenteen yksilömalli	13
2.3.1	Yksilömallin etuja.....	14
2.3.2	Mallin lähtötiedot.....	14
2.3.3	Mallin toimintaperiaate.....	16
2.3.4	Pyöräliikenteen reitinvalinta.....	18
2.3.5	Mallin tulokset ja hyödyntämismahdollisuudet	20
2.4	Mallin hyödyntäminen Lahden yleiskaavan vaikutusarvioinnissa	20
2.4.1	Lahden yleiskaavatyö	20
2.4.2	Ehdotusvaiheen vaikutusarviointiprosessi.....	21
2.4.3	Pyöräliikenteeseen kohdistuvat vaikutukset	22
2.4.4	Tulosten hyödyntäminen lopputuotteessa.....	28
2.5	Kokemukset ja suositukset jatkotoimiksi	28
2.5.1	Liikkumisen mallintaminen strategisella suunnittelutasolla.....	28
2.5.2	Pyöräliikenne yleiskaavataso vaikutusarvioinnissa	29
3	PYÖRÄILYN LIIKENNEMALLIN MATKA-AIKATIEDON KEHITTÄMINEN – CASE OULU, ROVANIEMI, KOKKOLA JA JOENSUU	33
3.1	Tausta	33
3.2	Tutkimus	33
3.2.1	Haastattelututkimus	34
3.2.2	Kenttämittaukset.....	37
3.3	Pyöräilyn liikennemäärävertailut tutkimuskaupungeissa	42
3.3.1	Oulu	42
3.3.2	Rovaniemi.....	44
3.3.3	Kokkola.....	45
3.3.4	Joensuu	46
3.4	Havaintoja ja johtopäätöksiä.....	47
4	VÄYLÄSUUNNITELMAN TOIMIVUUDEN MITTAAMINEN PYÖRÄILYN NÄKÖKULMASTA – CASE JYVÄSKYLÄ	49
4.1	Tutkimuksen tavoite	49
4.2	Pyöräliikenteen mittaukset.....	49
4.2.1	Tutkimusmenetelmä.....	49
4.2.2	Mittausten teko.....	49
4.2.3	Analysointi.....	52
4.3	Johtopäätökset.....	60
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	61

1 Johdanto

Liikennetekniikan tieteenala ja liikennesuunnittelun prosessoitu tieto, kuten liikennelaskentamenetelmät, liikennemallit ja -ennusteet sekä liikennehankkeiden vaikutusarviointi, kehittyivät voimakkaasti itsenäisen liikennesuunnittelun alkuaikoina 50- ja 60-luvulta alkaen. Menetelmäkehityksen katalyyttina olivat nopeaa autoistumista seuranneet liikenteen sujuvuusongelmat, jotka kasvoivat siinä määrin, että niiden ratkaisemiseksi alettiin kaivata erityistä osaamista. Suunnittelun ja siihen liittyvän teknisen osaamisen evoluution kärjessä oli vallinneen ajan hengen mukaisesti auto-liikenne. Pyöräliikenne jäi liikennesuunnittelussa taustalle ja myös menetelmäkehityksessä jälkeen. Samalla pyöräilyn kulkutapaosuus alkoi laskea voimakkaasti.

Perusteluviestinnän tarve on riippuvainen vallitsevasta liikennepolitiikasta. Kestäviä liikkumismuotoja ajavissa ns. edistyksellisissä maissa pyöräily on luonteva ja keskeinen osa liikennepolitiikkaa. Suomessa pyöräily on 2000-luvulla noussut osaksi liikennepolitiikkaa – ainakin strategioissa kuvataan, kuinka tulevaisuuden Suomessa jalan ja pyörällä liikkuminen on yleistä ja arvostettua. Aivan viime vuosina pyöräily on alkanut tunkeutua niin valtakunnallisessa kuin kaupunkiseutujenkin liikennepolitiikassa keskiöön. Myös konkreettiset panostukset pyöräilyn edistämiseen ovat nousseet, mistä osoituksena ovat mm. monille seuduille tehdyt pyöräilyn edistämishjelmat ja kävelyn ja pyöräilyn edistämisen moninaiset valtakunnalliset T&K-projektit.

Jos liikennepolitiikassa halutaan edistää pyöräilyä, tulee myös suunnittelukulttuurin ja teknisen osaamisen tason heijastaa näitä arvostuksia. Jotta pyöräilyä koskevien kehittämistoimien vaikuttavuutta voidaan arvioida uskottavasti, pitää pyöräiliikenteen kysyntää ja sen ominaisuuksia osata mallintaa monipuolisesti ja luotettavasti. Tietopuutteiden korjaaminen onkin olennainen polkaisu, jotta pyöräily voi nousta aidosti vakavasti otettavaksi kulkutavaksi.

Pyöräiliikenteen suunnittelun lähtötiedot ja arviointimenetelmät eivät ole vielä samalla tasolla kuin motorisoiduissa kulkutavoissa. Tämä on sekä institutionaalinen ongelma että käytännön suunnittelua hankaloittava seikka. Esimerkiksi tiedot liikennemääristä heijastavat suunnittelukulttuurissamme vahvasti kulkutavan liikenteellistä merkitystä.

Tässä yhteenvetoraportissa esitellään kolme pyöräiliikenteen mallintamiseen liittyvää hanketta, jotka ovat saaneet kuntien ja kaupunkiseutujen kävelyn ja pyöräilyn edistämistä tukevaa T&K -rahoitusta vuonna 2015:

1. **Pyöräiliikenteen vaikutusarvioinnin kehittäminen, case Lahden yleiskaava**
Hankkeen tavoitteena on tuottaa uudenlaista analyttistä tietoa pyöräiliikenteen kysynnästä ja sen ominaisuuksista käytännön arviointitilanteessa.
2. **Pyöräilyn liikennemallin matka-aikatiedon kehittäminen**
Hankkeen päätavoitteena on kehittää pyöräilyn mallintamista etenkin pyöräilyn reitinvalinnan ja väylien laatutekijöiden kannalta.
3. **Väyläsuunnitelman toimivuuden mittaaminen pyöräilyn näkökulmasta**
Hankkeen päätavoitteena on tuottaa empiiristä tutkimustietoa pyöräilyn nopeuksista ja viivästyksistä liikenneverkolla.

Raportti koostuu kolmesta itsenäisestä tarkastelusta, joissa pyöräliikenteen mallinusta lähestytään eri näkökulmista ja toisistaan poikkeavilla tarkkuustasoilla. Raportissa ensimmäisenä käsitelty hanke esittelee nykyaikaisen menetelmän, jolla voidaan arvioida mm. pyöräliikenteen kysyntää ja sen ominaisuuksia osana kokonaisliikuttamista. Toinen ja kolmas hanke käsittelevät yksityiskohtaisemmin pyöräliikenteen reitinvalinnan kehittämistä liikennetutkimuksen keinoin. Myös ensimmäinen hanke käsittelee pyöräliikenteen reitinvalintaa, mutta se ei ole ollut tutkimuksen pääkohde.

Pyöräilyn aseman ja arvostuksen kohentaminen liikennesuunnittelussa ja hankkeiden arvioinneissa edellyttää, että menetelmävajetta kurotaan tietoisesti ja systemaattisesti umpeen kehittämällä analyyttisiä ja prosessoituun tietoon pohjautuvia menetelmiä. Pyöräliikenteen arviointimenetelmät ja analyyttinen lähestymistapa osoittautuvat hyödylliseksi viimeistään siinä vaiheessa, kun pyöräilyn edistämisen toimenpiteille haetaan hyväksyntää poliittisessa päätöksenteossa.

2 Pyöräliikenteen vaikutusarvioinnin kehittäminen – case Lahden yleiskaava

2.1 Tutkimushankkeen kuvaus

2.1.1 Lähtökohtia

Kaavoitus on tärkein suunnitteluvaihe hyvän ja toimivan yhdyskunta- ja palveluverkon aikaansaamiseksi kävelylle ja pyöräilylle. Kävelyn ja pyöräliikenteen toimintaedellytykset ratkaistaan pitkälti yleiskaavoituksessa, jossa osoitetaan aluevaraukset eri käyttötarkoituksiin ja esitetään pääliikenneverkot. Kävelyn ja pyöräilyn edistämisen näkökulmasta yleiskaavan keskeisin keino on suunnitella tarkoituksenmukainen ja tavoitteita palveleva yhdyskunta- ja aluerakenne. Lisäksi yleiskaavan keskeinen tehtävä on määrittää kävelyn ja pyöräilyn pääreitit sekä pääverkkoon kuuluvien eritasojen sijainnit. Yleiskaava ilmaisee, tavoitellaanko jalankulku- ja pyöräilykaupunkia ja jos, niin millaista.

Strategisen tason suunnittelussa ja vaikutusarvioinnissa pyöräilyn lähtötiedot ja menetelmät eivät kuitenkaan ole vielä samalla tasolla kuin motorisoiduissa kulkutavoissa. Perinteiset liikennemallit ja -ennusteet eivät tuota erikseen kävelyn ja pyöräilyn ennusteita, vaan niitä käsitellään lähinnä auto- ja joukkoliikennekysynnästä syntyvänä jäännöksenä. Tämä on hankaloittanut niin suunnittelua kuin toimenpiteiden vaikutusarviointia.

2.1.2 Tavoitteet

Hankkeen keskeisenä tavoitteena on ollut pyrkimys tuottaa kaivattua uutta tietoa pyöräliikenteen suunnitteluun konkreettisessa arviointitilanteessa. T&K -hankkeessa on sovellettu, kehitetty ja testattu Lahden yleiskaavaehdotuksen valmistelussa uudentyyppistä, määrälliseen analyysiin pohjautuvaa henkilöliikenteen yksilömallia, jonka avulla on pyritty monipuolistamaan ja vahvistamaan pyöräilyyn kohdistuvien toimenpiteiden vaikutusten arviointia strategisessa suunnittelussa.

Ennen vaikutusarviointiprosessia ei ollut täsmällisesti tiedossa, millaisiin pyöräliikennettä koskeviin kysymyksiin erityisesti arvioinnissa halutaan saada vastauksia. Työn keskeisenä kysymyksenä onkin ollut se, kyetäänkö yleiskaavatasoisessa vaikutusarviointityössä esiin nostettuihin keskeisiin kysymyksiin löytämään mallintamiseen perustuvan määrällisen tiedon kautta vastauksia. Analyyttistä lähestymistapaa soveltamalla on lisäksi pyritty tuottamaan yleisiä havaintoja liikkumisesta ja siihen liittyvistä vaikutusmekanismeista pyöräliikenteen erityiskysymysten rinnalla.

Hankkeesta saatujen kokemusten perusteella on lopuksi esitetty suosituksia pyöräilyä koskevan yleiskaavatasoisen vaikutusarvioinnin parantamiseksi ja arviointien sisällön yhdenmukaistamiseksi.

2.2 Strategisten mallien kehittämistarve

2.2.1 Perinteisten mallien rajoitteet kävelyn ja pyöräilyn arvioinnissa

Liikennemallien tarkoituksena on tuottaa suunnittelun ja päätöksenteon tueksi tietoa liikkumisesta ja liikennejärjestelmän toimivuudesta tulevaisuuden tilanteissa, joissa otetaan käyttöön erilaisia toimenpiteitä. Kokemusperäinen vaikutustieto ei useinkaan riitä, vaan uudenlaisten ratkaisujen vaikuttavuudesta muuttuvissa toimintaympäristöissä tarvitaan analyyttiseen tietoon pohjautuvia laskelmia.

Liikennejärjestelmien kysynnän ja vaikutusten arviointiin käytettäviä liikennemalleja ovat yleisesti verkkoja ja niiden palvelutasoa kuvaavat tarjontamallit, yksittäisten toimien tai palvelutason muutosten vaikutuksia laskevia vaikutus-/kerroinmallit sekä matkojen ja kuljetusten tuotosta, suuntautumista ja kulkutapaa kuvaavia kysyntämallit. Tässä työssä on pääasiassa tarkasteltu liikenteen kysyntämallia, jotka voidaan jakaa niiden luonteen ja sovelluskohteiden mukaan kahteen pääryhmään: strategisiin ja operatiivisiin malleihin. Strategiset mallit keskittyvät pitkän aikavälin, tyypillisesti kymmenien vuosien, aikajänteeseen ja laajoihin kokonaisuuksiin, kun taas operatiiviset mallit keskittyvät tavallisesti lyhyen aikajänteen tai yksittäisiin suunnittelu-kysymyksiin.

Vielä nykypäivänäkin melko laajalti käytössä olevat strategiset liikennemallit pohjautuvat ominaisuuksiltaan ja rakenteeltaan 50- ja 60-luvuilla kehitettyihin menetelmiin, jotka on kehitetty ensisijaisesti liikenneinfrastruktuurin lisäämistarpeiden arviointiin. Mallien ominaisin käyttöalue on ollut väyläkapasiteetin tarkastelu lähinnä työmatkaliikenteen kannalta, eli lähiöissä sijaitsevien asuinalueiden ja keskustassa sijaitsevien työpaikka-alueiden välisen liikkumisen kuvaaminen. Tuon ajan laskentakapasiteetin rajoitteiden takia kysyntäennustemallien on täytynyt olla yksinkertaisia estimoida ja käyttää. Malleissa on keskitytty liikkumiskäyttäytymisen tilastolliseen selittävyteen aluetasolla. Tästä syystä ns. perinteisillä strategisilla liikennemalleilla on muun muassa seuraavia ominaisuuksia:

- Talouksien, yksilöiden ja matkojen ominaisuudet on kuvattu laajoihin tilastoalueisiin perustuvina keskiarvoina
- Matkat on käsitelty laajojen ja pinta-alaltaan erikokoisten tilastoalueiden keskipisteiden välisinä
- Matkat ovat yksittäisten alueparien välisiä irrallisia tapahtumia
- Liikennevirrat ovat deterministisiä osuuksia ihmisjoukkojen matkakokonaisuuksista (liikennevirtojen käsittely massana)
- Tiettyjen vuorokauden tuntien liikennettä on tarkasteltu joko hetkellisenä tilanteena (ruuhkatunti) tai vuorokausiliikenteenä

60- ja 70-lukujen vaihteessa kehitettiin ensimmäiset laajamittaiset liikenteen tutkimuksen ja

mallintamisen sovellukset. Toinen merkittävä kehitysvaihe ajoittuu 90-luvun puoliväliin. Ns. neliportainen perustuva logit-pohjainen mallinnustekniikka¹ vietiin tuolloin jotakuinkin nykyiselle tasolleen.

Perinteisillä liikennemalleilla voidaan tuottaa liikenneverkon kuormitusennusteita sekä monipuolisia arvioita liikenteen suoritteista, kustannuksista ja muista vaikutuksista. Perinteisten liikennemallien osa-aluejaon erottelutarkkuus ei usein ole kovin hyvä, joten ne soveltuvat maankäytön sijoittumisen arviointiin parhaitenseudullisella tarkkuudella.

Lisäksi sangen ongelmalliseksi on koettu, että perinteiset liikennemallit ja -ennusteet eivät tuota erikseen kävelyn ja pyöräilyn ennusteita. Kävelyä ja pyöräliikennettä on joissakin sovelluksissa käsitelty, mutta lähinnä auto- ja joukkoliikennekysynnästä syntyvänä jäännöksenä, joka on niputettu yhteisen kevyt liikenne -termin alle. Aivan viime aikoina on pyöräilyn mallintamista kytkettyseudullisiin liikennemalleihin joillakin seuduilla (vrt. raportin toinen osahanke).

Malliteknisesti edellä kuvattu menettely on käytännössä parhaimmillaankin tarkoittanut vain tilastollisesti selitettyä osaa kokonaisliikkumisesta ilman, että varsinaisesti yritetään mallintaa kävelyä ja pyöräliikennettä synnyttäviä toimintoja ja tekijöitä. Suunnittelukulttuurissa on alettu hiljalleen ymmärtää se, että jalankulkua ja pyöräilyä tulee käsitellä toisistaan poikkeavina liikennemuotoina. Mallinnusteknisestä arvioinninäkökulmasta tälle tasolle ei ole vielä päästy.

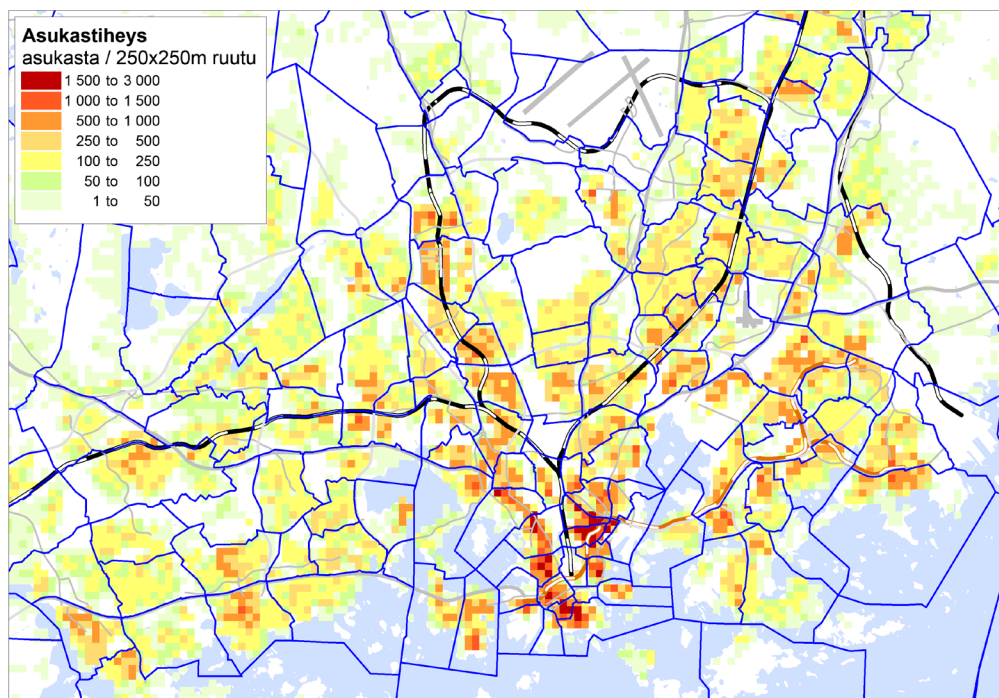
2.2.2 Suunnitteluparadigman muutos

Liikennesuunnittelun painopiste on vuosituhanneen taitteesta lähtien alkanut siirtyä henkilöautoliikenteen sujuvuuden ja infrastruktuurin suunnittelusta liikennejärjestelmäkokonaisuuksien ja liikenteen kysynnän hallintaan. Suunnittelussa ja politiikassa ovat alkaneet painottua muun muassa liikenteen ja maankäytön vuorovaikutussuhteet, käyttäjälähtöisyys, matka- ja kuljetusketjut, palvelutasoajattelu ja hinnoittelu sekä näihin liittyvät vaikutusmekanismit. Myös kävelyn ja pyöräilyn merkitys strategisissa tavoitteissa on noussut.

Suunnittelukysymysten monipuolistumisen ohella suunnittelun tarkkuustasovaatimukset ovat kasvaneet. Myös suunnitteluprosessit ovat muuttuneet aiempaa vuorovaikutteisemmiksi, ja prosessinaikaisen suunnittelutiedon tuottavuusvaatimus on korostunut. Nämä seikat yhdessä ovat alkaneet edellyttää myös menetelmiltä monipuolisuuden lisäksi ketteryyttä.

Yhtäältä suunnittelukysymysten monipuolistuminen ja toisaalta tarve tarkastella vaikutuksia aiempaa laajemmin ovat väistämättä kasvattaneet odotuksia ja vaatimuksia myös liikennemalleja kohtaan. 2000-luvun puolivälin jälkeen valmistuivat ensimmäiset yhdyskuntarakenteen seurannan YKR-aineistot, jotka osaltaan toimivat katalyyttinä ruutupohjaisten menetelmien esiinmarssille. Ruutumallien ideana on yksinkertaisten tunnuslukumallien ja verkkomallien yhdistäminen. Esimerkkejä tunnetuista ruutupohjaisista menetelmistä ovat mm. Urban Zone-, VALHEA- ja SAVU-vyöhykeanalyysit.

¹ Kansainvälisesti tunnettu Four Step Model -periaate, jonka vaiheet ovat matkatuotos, matkojen suuntautuminen, kulkumuodon valinta ja liikennevirtojen sijoittelu verkolle



Kuva 1. *Esimerkki ruutuaineiston ja perinteisen liikenteen kysyntämallin osa-aluejaon maantieteellisestä tarkkuuserosta – yksi osa-alue voi sisältää jopa sata ruutua.*

Uusien ja aiempaa monipuolisempien menetelmien kehittämisessä on osaltaan autanut tietokoneiden kasvanut laskentakapasiteetti. Nykyaikaisten prosessorien laskentateho mahdollistaa mallinnusresoluutioltaan huomattavasti aiempaa kyvykäämmät menetelmät. Mallinnuksen lähtötietojen näkökulmasta erittäin tervetullutta on ollut avoimen raakatiedon saatavuuden paraneminen. Tiedon vapautuminen ja ns. big data ovat olleet keskeisessä roolissa avaamassa innovatiivisten ja tehokkaiden suunnittelua palvelevien uusien menetelmien kehitystä.

2.3 Brutus – henkilöliikenteen yksilömalli

Ymmärrys perinteisten menetelmien rajoitteista, tietokoneiden laskentatehon kasvu, suunnittelutiedon kasvaneet vaatimukset ja vapaan tiedon alati parantuva saatavuus ovat olennaisesti vaikuttaneet ruutupohjaisen henkilöliikenteen simulointimallin syntyyn. Brutus on todennäköisyysteoreettinen henkilöliikenteen yksilömalli, jonka laskentatehojen kasvu on mahdollistanut.

Brutus käsittelee yksittäisten talouksien ja yksilöiden liikkumiskäyttäytymisen ja siihen liittyvän yksilöllisen päätöksenteon mallinnusta. Toistamalla näitä simuloituja, stokastisia päätöksiä miljoonia kertoja, saadaan muodostettua liikkumisen koko kirjo tavalla, joka vastaa liikkumistottumustutkimuksissa havaittuja jakaumia. Malli mahdollistaa yksittäisten ihmisten, talouksien tai väestöryhmien liikkumisen tarkastelun ja edelleen antaa mahdollisuuden analysoida miten erilaiset toimenpiteet vaikuttavat liikkumiseen yksilötasolla.

Seuraavassa luvussa esitellään tiivistetysti hankkeessa käytetyn henkilöliikenteen yksilömallin toimintaperiaate, mallin tarvitsemia lähtötietoja, menetelmän tuottamia tuloksia ja annetaan esimerkkejä soveltamiskohteista.

2.3.1 Yksilömallin etuja

Yksilömalleilla² on tiettyjä etuja ja vahvuuksia ryhmämalleihin verrattuna. Yksilömallit ovat herkkiä laajemmalle toimenpidevalikoimalle ja siten kykeneviä vastaamaan ryhmämalleja paremmin monimutkaisiin kysymyksiin. Lisäksi yksilömalleilla on viisi erityistä tunnistettua etua³:

- Ei-kotiperäisten matkojen mallinnus
- Mahdollistaa tulosten tarkemman analysoinnin
- Paremmat mahdollisuudet hinnoittelun mallintamiseen
- Tarkempi esitys ajasta
- Helpompi laajennettavuus

Brutus-mallin tapauksessa tämä tarkoittaa käytännössä, että

- Laajojen tilastoalueiden käsittelyn sijaan liikkumisessa käsitellään kotitalouksien ja yksilöiden liikkumistarpeita.
- Matkat käsitellään loogisina matkaketjuina koko vuorokauden liikkumistarpeet ja reunaehdot (esim. kotitalouden autonomistus) huomioon ottaen.
- Aluejakona käytetään tiheää säännöllistä ruudukkoa (esim. 250 m x 250 m).
- Mallinnus perustuu jatkuvaan aikadimensioon sisältäen kaikki vuorokauden aikana tehdyt matkat sekä tiedot matkojen ajankohdista ja kohteissa käytetystä ajasta.
- Kysynnän ja tarjonnan mallinnuksessa on mukana kaikki relevantit kulkutavat (henkilöauto, joukkoliikenne, kävely ja pyöräliikenne).

2.3.2 Mallin lähtötiedot

Mallin estimointia ja käyttöä varten vaaditaan tieto nykytilanteen liikkumisesta, maankäytön sijoittumisesta ja kuvaus liikenneverkkoista. Perusajatuksena on hyödyntää monipuolisesti ja kattavasti eri tietolähteitä, jotka yhdistetään paikkatiedon avulla toisiinsa.

Maankäyttö

Nykytilanteen maankäyttötiedot saadaan tuotettua vaivatta esimerkiksi Suomen ympäristökeskuksen ja Tilastokeskuksen ylläpitämästä yhdyskuntarakenteen seuranta-järjestelmästä (YKR), jossa tiedot on esitetty 250 metrin ruudukolla. Ennustetilanteen maankäyttötiedot voidaan muodostaa esimerkiksi yleiskaavojen ja niiden sisältämien mitoituslukujen pohjalta tai hyödyntämällä kunnan väestöennustetta pien- tai tilastoaluejaossa. Ennustetilanteen tiedot viedään myös ruutuaineistoon.

Liikenneverkko

Liikenneverkkokuvaukset tarvitaan autoliikenteestä, joukkoliikenteestä, pyöräliikenteestä ja kävelystä.

² Saavutettavuuspohjainen matkojen suuntautumisen ja kulkutavan valinnan simulointimalli (Osma Salomaa 2010)

³ Advanced Practices in Travel Forecasting (TRB 2010)

Autoliikenteen verkkokuvaukset muodostetaan automaattisesti ohjelmakoodilla esimerkiksi DigiRoad-aineistosta tai OpenStreetMap-aineistosta. Jälkimmäistä avointa dataa rakentavat ja ylläpitävät vapaaehtoisen yhteisön jäsenet, jotka tuottavat ja ylläpitävät karttatietoja teistä, rautateistä, kahviloista, rautatieasemista ja monista muista kohteista kaikkialla maailmassa.

Kokemusten mukaan OpenStreetMap mahdollistaa kaupunkiseuduilla lähtökohtaisesti varsin käyttökelpoisen kuvauksen myös kävely- ja pyöräliikenteen yhteyksistä, mitä voidaan lisäksi täydentää kuntien omilla tiedoilla (esim. kartat kevyen liikenteen yhteyksistä, pyöräkartat jne.). Yhdistämällä pyöräliikenteen verkkokuvaan Maanmittauslaitoksen niin ikään avointa korkeusdataa saadaan mäkisyys ja topografia vaihteluineen otettua mukaan pyöräilyn reitinvalintaan.

Joukkoliikenteen palvelutason kuvauksessa voidaan hyödyntää varsin laajalti Matka.fi -kehittäjäpalvelua, joka sisältää joukkoliikenteen reitti- ja aikataulutiedot sekä rajapinnan hyödyntäjien käyttöön. Matka.fi on Liikenneviraston ylläpitämä joukkoliikenteen valtakunnallinen reittiopas. Palvelun tiedot perustuvat kuntien/kaupunkien, Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten ja liikennöitsijöiden ylläpitämiin aikataulutietoihin. Osa kaupungeista (kuten Lahti) ylläpitää joukkoliikenteen liikennöinti-tietoja ns. GTFS-tietokannassa, josta tietoja tuotetaan mm. kaupungin paikallisliikenteen reittioppaan tarpeisiin. GTFS-formaatti käsittää pysäkit, linjatiedot sekä linjojen ohitusajat pysäkeillä. Näitä yhdistelemällä voidaan joukkoliikenteen tarjonta kuvata malliin siten kuin palvelutaso todellisuudessa käyttäjälle ilmenee.

Liikkumiskäyttäytyminen

Uskottavan mallinnuksen kannalta kriittisenä pidetty lähtöaineisto on perinteisesti ollut tutkimusperäinen tieto alueen asukkaiden päivittäisestä liikkumisesta. Suomessa kaikilla suurilla kaupunkiseuduilla on tehty laajoja seudullisia henkilöliikennetutkimuksia, jotka ovat tärkeitä niin liikkumisen seurannan kuin mallien kehittämisenkin kannalta. Matkapäiväkirjatyypisistä henkilöhaastattelututkimuksista saadaan tietoa liikkumisen määrästä, eri kulkutapojen käytöstä, matkojen tarkoituksista ja suuntautumisesta, joita vastaajien taustatietoihin yhdistämällä on voitu estimoida tuotos-, suuntautumis- ja kulkutavan valintamallit ja edelleen muodostaa osaluueiden välinen kysyntä havaitun käyttäytymisen mukaisesti.

Valtakunnallisessa henkilöliikennetutkimuksessa on puolestaan pyritty muodostamaan yleiskuva suomalaisten liikkumisesta, mutta tehtyjen haastatteluiden määrä ei kuitenkaan riitä antamaan tilastollisesti luotettavaa kuvaa siitä, miten liikkumistarpeet jakautuvat eri alueille ja liikennejärjestelmän eri osiin. Yksi otoksessa haastateltu matkatieto vastaa useampaa sataa haastattelujakson aikana tapahtunutta matkaa, jolloin aineiston suoraviivainen laajentaminen antaa puutteellisen kuvan matkojen sijoittumisesta aluerakenteeseen ja liikennejärjestelmään. Havainnot osuvat eri puolille valtakuntaa erityisesti keskuksiin, jonne satunnaisesti valitut haastattelut useimmiten osuvat. Tällöin esimerkiksi maaseutuun liittyviä matkoja kuvautuu aineistoon vähän. Seuraavassa valtakunnallisessa henkilöliikennetutkimuksessa otos on aiempaa suurempi.

Perinteisten mallien tilastollisen selittävyys on ollut vahvasti riippuvainen tutkimusotoksen havaintojen maantieteellisestä ja demografisesta osumatarkkuudesta ja sen pohjalta muodostetuista laajennuskertoimista. Lisäksi esimerkiksi pienemmillä kaupunkiseuduilla ei matkapäiväkirjaan perustuvia liikkumistottumustutkimuksia juurikaan ole tehty, mikä on voitu nähdä liikennemallien toteutuksen eräänä es-

teenä. Tämä on herättänyt kysymyksen, millä tavoin käytettävissä olevia liikennetutkimusaineistoja ja suppeampia alueellisia liikkumiskyselyjä voitaisiin mallinnuksessa hyödyntää nojaamalla maantieteen sijaan vahvemmin vastaajien ominaisuuksiin.

Vaikka eri seuduilla asuvien liikkumistottumuksia ei valtakunnallisessa henkilöliikennetutkimuksessa ole kysytty riittävästi, jotta aineiston tilastollinen laajentaminen onnistuu paikallisesti, kuvaa haastatteluaineisto usein riittävän hyvin erityyppisten käyttäjäryhmien ominaisuuksia, liikkumistarpeita ja -käyttäytymistä aluetasolla. Kokemuseräisesti on havaittu, että henkilöliikenteen yksilömallinnuksessa voidaan seudullisten liikennetutkimusten tuloksia laajentaa ja siirtää muille vastaavanlaisille seuduille, toki varauksella.

Näin toimimalla esimerkiksi hämeenlinnalaisten liikkumisen mallintamisessa on voitu liikkumisen mallintamisessa hyödyntää Lahden liikennetutkimusta. Taustalla on oletus, että hämeenlinnalaisten ja lahtelaisten mieltymykset esimerkiksi päivittäistavaroiden ostosmatkojen tekemisestä ovat samankaltaiset (kuinka usein matkoja tehdään, miten kaukaa palveluita ollaan valmiita hakemaan, mihin aikaan matkat tehdään jne.) kun maankäyttö, matkojen muut toteutusmahdollisuudet ja valintatilanteet perustuvat paikallisiin olosuhteisiin (missä asukkaat sijaitsevat suhteessa kauppoihin ja miten ne ovat eri kulkutavoilla saavutettavissa).

2.3.3 Mallin toimintaperiaate

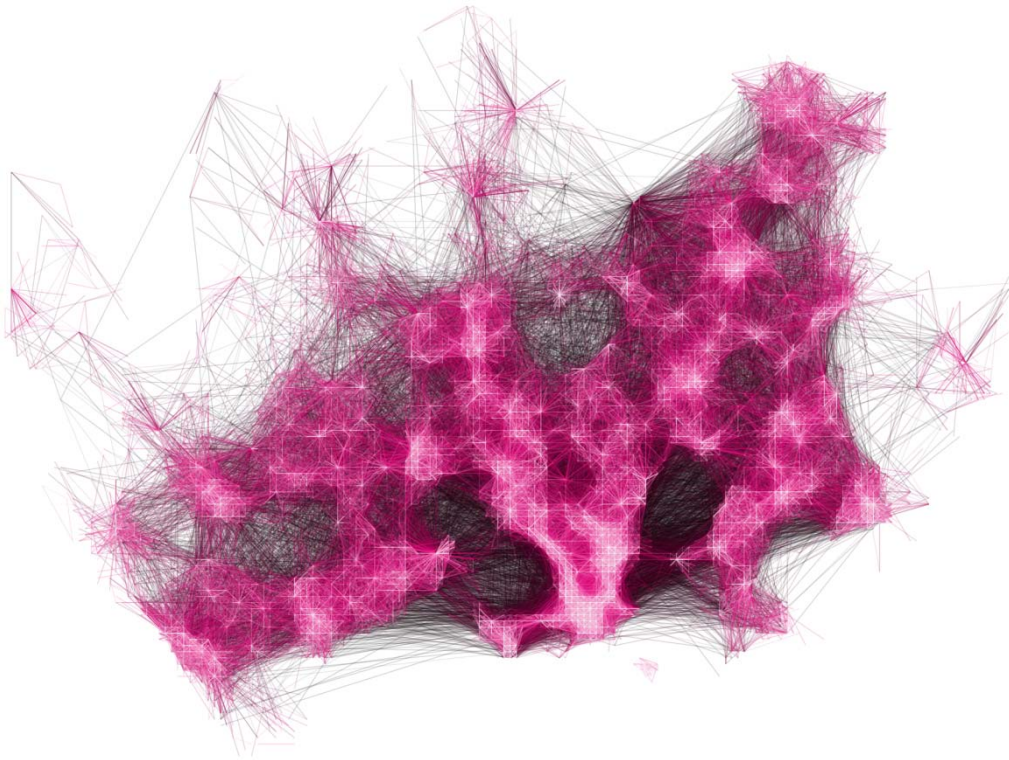
Brutus-malli tarkastelee aluerakennetta rasterimuodossa. Ruudut yhdistetään toisiinsa liikennejärjestelmällä, minkä lisäksi liikkuminen on mahdollista ruutuverkkoa myöten. Paikallisesta ruutuaineistosta tarkastellaan ensin asuntokuntien ominaisuuksia kuten koko, työssäkäynti, autonomistus ja tulotaso. Liikennetutkimuksesta etsitään tämän jälkeen paikallisia asuntokuntia vastaavia henkilöitä. Kuhunkin sijaintiin tuotetaan paikallisen maankäytön mukaisesti satunnaisesti haastattelututkimuksesta samanlaisia asukkaita, ruokakuntia ja työntekijöitä ja heidän matkojaan kuin henkilöliikennetutkimuksessa on selvinnyt. Kotitalouksille kuvataan paikkatiedon avulla liikkumiseen vaikuttavat paikalliset olosuhteet kuten muun muassa se, kuinka kaukana työpaikat ja palvelut sijaitsevat asunnoista.

Menetelmä toistaa tutkimuksessa havaittuja liikkumistarpeita aiheuttavia toimintoja, eli matkoja yhdistetään ja ketjutetaan paikalliset olosuhteet huomioiden ja sen mukaan, mitä matkustajat ovat tutkimuksessa ilmoittaneet. Käytännössä tämä tarkoittaa päättelyä siitä, kuinka kaukana tai missä asukkaat voisivat käydä töissä, asioilla, ostoksilla tai harrastamassa ja mitkä ovat eri kulkutapojen mahdollisuudet matkojen tekemiseen. Kukin perhe, yksilö ja matkaketju tarkastellaan jokaisella kulkutavalla kerrallaan, minkä jälkeen valitaan matkaketjulle kulkutapa kotitalouden autonomistus huomioiden.

Yksinkertaistetusti voidaan sanoa, että Brutus kuvaa matemaattisin mallein, miten kukin asukas todennäköisimmin liikkuu paikallisissa olosuhteissa. Tämä merkitsee miljoonien päätöksentekotilanteiden käsittelyä ja arviointia hyötyfunktioiden pohjalta, mitä kutsutaan simuloinniksi. Kirjallisuudessa tämän tyyppiset mallit luokitellaan usein yksilömalleiksi. Ns. aktiviteettimalleista menetelmä eroaa siinä suhteessa, että aktiviteetit eivät muutu, vaan ne kuvataan sellaisena kuin ne henkilöliikennetutkimuksessa esiintyvät. Lopuksi kaikki ko. asuntokunnan henkilöiden matkat sijoitellaan eri kulkutavoilla liikenneverkon nopeimmille reiteille ja niinä kellonaikoina, mitä tut-

kimuksessa on ilmoitettu. Mallin tekninen toteutus on tehty tilastoanalyysiohjelmisto R:llä.

Brutus-mallin avulla voidaan visuaalisesti hahmottaa, miten maankäyttö ja liikennejärjestelmä vaikuttavat yksittäisen talouden, yksilön, matkaketjun ja matkan tasolla saavutettavuuteen, miten saavutettavuus edelleen vaikuttaa matkojen suuntautumiseen ja kulkutavan valintaan, miten matkaketjut rakentuvat vaihteittain ja miten liikumisen kokonaisuus rakentuu yksittäisten ihmisten matkaketjuista.



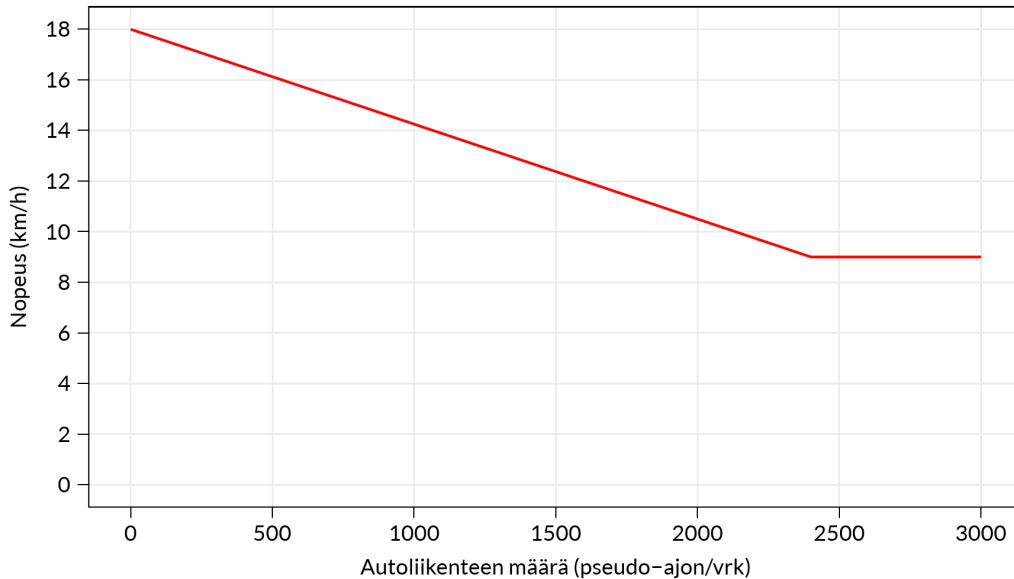
Kuva 2. Esimerkki ruututietopohjaisen yksilömallin simulointimenetelmän analyysistä, jossa liikumisen kokonaisuus rakentuu yksittäisten ihmisten matkaketjuista. Esimerkin viuhkakuvassa on esitetty kaikki ruutujen väliset pyöräliikenteen matkat linnuntietä.

Henkilöliikenteen yksilömalli antaa syvällisen kuvan liikkumisesta. Hyvästä mallinusrésoluutiosta huolimatta malli on silti yksinkertaistus todellisuudesta. Mallissa oletetaan esimerkiksi, että liikkuminen ei riipu merkittävästi sellaisista paikallisista olosuhteista, joita ei ole mallin tiedossa. Mallin paikkatietoaineistot eivät myöskään kuvaa täysin oikein kaikkia paikallisia piirteitä. Simuloinnit eivät luonnollisesti kuvaa kussakin sijainnissa oikeasti asuvia asukkaita ja heidän tekemiään matkojaan, vaan samanlaisten liikkujien todennäköistä toimintaa samanlaisissa olosuhteissa. Koska kyse on satunnaisesta todennäköisyysjakaumien mukaan etenevästä prosessista, peräkkäin toistettu simulointi ei tuota samaa tulosta vaan toisen ”rinnakkaistodellisuuden”.

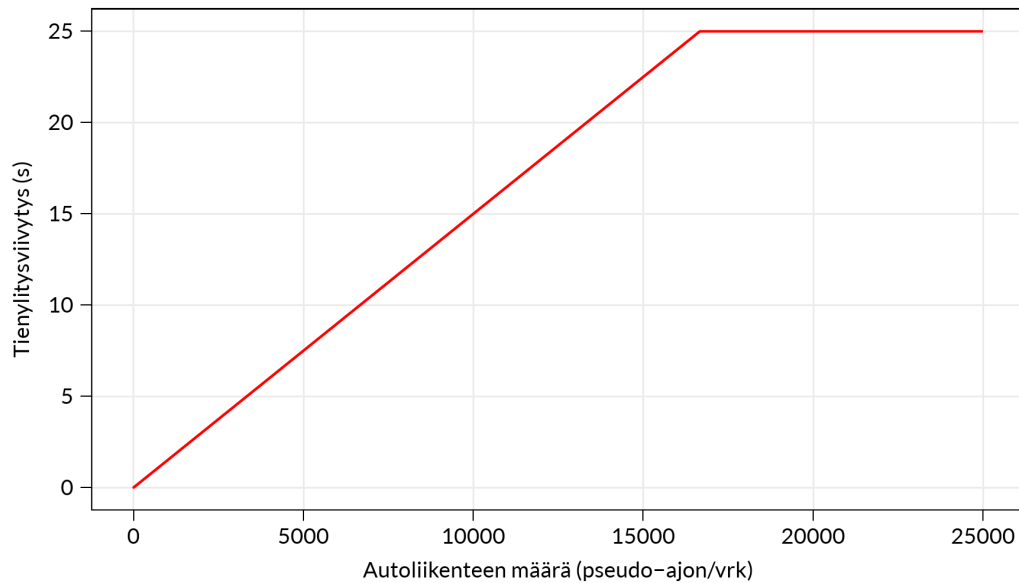
2.3.4 Pyöräliikenteen reitinvalinta

Pyöräliikenteen sijoitteluiseksi verkolla reitinvalintamalli ottaa huomioon väylätyypin, jonka mukaan voidaan asettaa väylätyypistä riippuvainen pyöräilyn nopeus. Lisäksi pyöräliikenteen sijoittelussa otetaan lisävastuksena huomioon autoliikenteen määrä, jos pyöräily tapahtuu ajoradalla. Taustalla on oletus siitä, että autoliikenteen määrä vaikuttaa pyöräilyn miellyttävyyden ja turvallisuuden tunteen kautta myös reitinvalintaan. Myös tasoliittymissä kadun ylityksestä aiheutuu autoliikenteen määrästä riippuvainen viivytys.

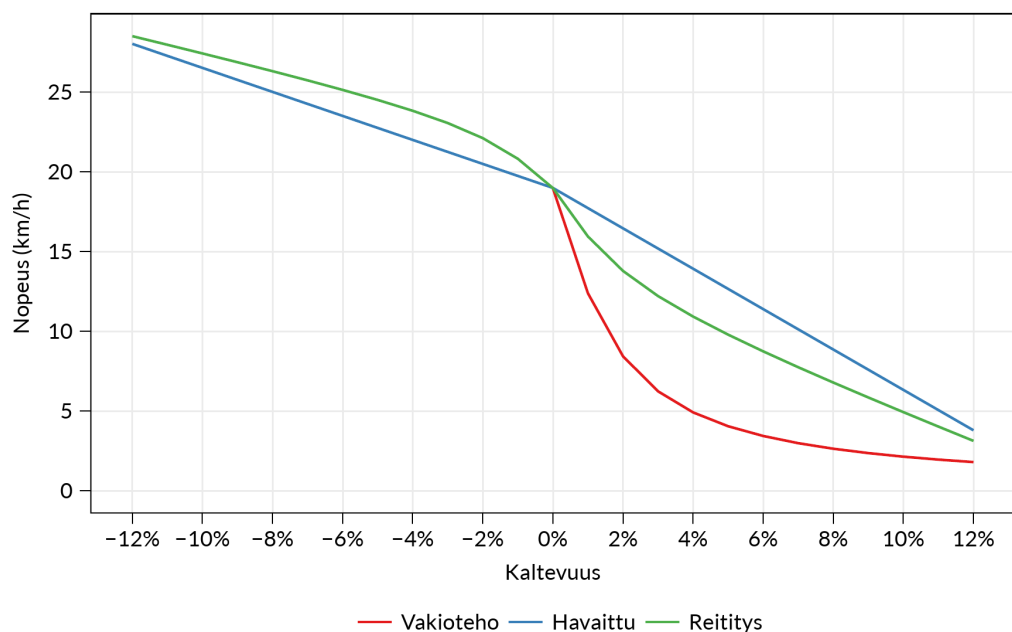
Korkeuserot vaikuttavat erityisesti pyöräliikenteessä reitinvalintaan. Brutus-mallin sijoittelussa pyöräverkkoon on kuvattu Maanmittauslaitoksen avoimesta laserkeilausaineistosta 2 metrin korkeuskäyräkuvauksen perusteella linkkikaltevuus, joka määrää joko lisävastuksen (ylämäki) tai kevennyksen (alamäki). Seuraavissa kuvissa on esitetty edellä kuvattujen reitinvalintaan vaikuttavien parametrien laskentaperiaatetta:



Kuva 3. Pyöräliikenteen nopeus autoliikennemäärän funktiona sekaliikenteessä



Kuva 4. Pyöräliikenteen liittymäviivytys risteävän autoliikennemäärän funktiona



Kuva 5. Pyöräliikenteen nopeus kaltevuuden funktiona reitityksessä

Nopeudet ja viivytykset sisältävät lisäksi ns. koetun lisävastuksen. Tämän tekijän huomioiminen on mielekästä, koska puhdas matka-aika ja nopeus eivät kuvaa kaikkia reitinvalintaan vaikuttavia tekijöitä. Koetun lisävastuksen käyttöä puoltaa varsinkin se, että tavoitteena ei ole mallintaa pelkästään reitinvalintaa – samoilta verkoilta mallinnetaan myös kysyntää kulkutavanvalinnan kautta. Vastaavaa menettelyä käytetään muun muassa joukkoliikenteen reitinvalintamalleissa, joissa vaihtotapahtumaa tai pysäkillä odottelua painotetaan kertoimella, joka kuvaa matkustajan kokema lisävastusta.

2.3.5 Mallin tulokset ja hyödyntämismahdollisuudet

Liikkumisen simuloinnin perustulos on jokaisen asukkaan jokainen päivän matka eli käytetyt kulkutavat ja reitit sekä matkojen ajankohdat ja viipymät kohteissa. Näistä voidaan edelleen laskea taulukkoon halutussa aluejaossa tai matkaryhmittäin polku-riippuvaisia suureita kuten aika- ja matkasuoritteita (käytetty aika, kilometrit), joista puolestaan voidaan johtaa päästöihin tai liikkumisen kustannuksiin perustuvia suureita.

Tulosten visualisoinnissa esitetään yleensä verkollisina tulosteina liikenneverkkojen kuormittuminen ja esimerkiksi pyöräliikenteestä pyöräilyn kysyntäpotentiaalin lisäksi pyöräilyn sujuvuus.

Verkon liikennekysyntää voidaan tarkastella lähemmin esimerkiksi linkkihaastatteluin tai viipaloimalla kysyntää käyttäjäryhmäkohtaisesti tai tiettyjen matkakohteiden (koulut, päivittäistavarakaupat) perusteella. Myös eri toimintojen saavutettavuutta tai kulkutapojen kilpailukykyä voidaan arvioida. Perustulosteista ja niistä johdetuista tunnusluvuista voidaan edelleen tuottaa teemagrafiikoita rasterialuejaossa tai yhdistettynä haluttuun aluejakoon.

Brutus-mallia voidaan hyödyntää esimerkiksi seuraavissa kävelyn ja pyöräliikenteen suunnittelutilanteissa:

- Arvio pyöräilijöiden (ja kävelijöiden) määrästä nykytilanteessa tai tulevaisuuden yhdyskuntarakenteessa.
- Verkkosuunnittelua varten mallilla voidaan kartoittaa yhteyspuutteita ja osoittaa kohdat, joissa pyöräilijät joutuvat käyttämään ajorataa.
- Eri liikkujaryhmien tarpeet reittien (koululaiset, työmatkapyöräilijät, ostos- ja asiointimatkat) ja keskeisten määräpaikkojen (kaupunkikeskustat, julkiset ja kaupalliset palvelut) osalta.
- Monipuolisimmillaan Brutus on työkalu verkollisten ja maankäyttöliiden toimien vaikutusten arviointiin. Kaikkien kulkutapojen mukana olo mahdollistaa erityisesti kulkutapaosuuksien ja -muutosten ja niihin liittyvien vaikutusten tarkastelun.

2.4 Mallin hyödyntäminen Lahden yleiskaavan vaikutusarvioinnissa

2.4.1 Lahden yleiskaavatyö

Lahdessa on kehitetty päivittyvä yleiskaava, jota tarkistetaan valtuustokausittain. Ensimmäinen rullaavan yleiskaavan kierros oli 2009–2012. Edellinen kaupunginvaltuusto asetti Lahden yleiskaavan 2025 tavoitteet ja myös hyväksyi yleiskaavan toukokuussa 2012. Marraskuussa 2012 valmistui Lahden kävelyn ja pyöräilyn kehittämissuunnitelma 2025, joka pohjautuu vuonna 2012 hyväksyttyyn voimassa olevaan yleiskaavaan.

Yleiskaavaprosessi alkoi uudelleen valtuuston tarkistaessa strategiaa alkuvuonna 2013. Yleiskaavan tavoitteet tarkistettiin vuonna 2013 ja määritettiin selvitystarpeet. Vuonna 2014 kehiteltiin idealuonnoksia ja tarkasteltiin vaihtoehtoja. Joulukuussa 2014 laitettiin nähtäville yhteistyössä osallisten kanssa valmisteltu yleiskaavaluonnos.

Vuonna 2015 on laadittu yleiskaavaehdotus, jonka vaikutukset on arvioitu ulkopuolisena asiantuntijatyönä ehdotuksen valmistelun rinnalla. Yleiskaavaehdotus valmistuu vuoden 2015 lopulla, jolloin valtuusto voi käsitellä sen keväällä 2016.

2.4.2 Ehdotusvaiheen vaikutusarviointiprosessi

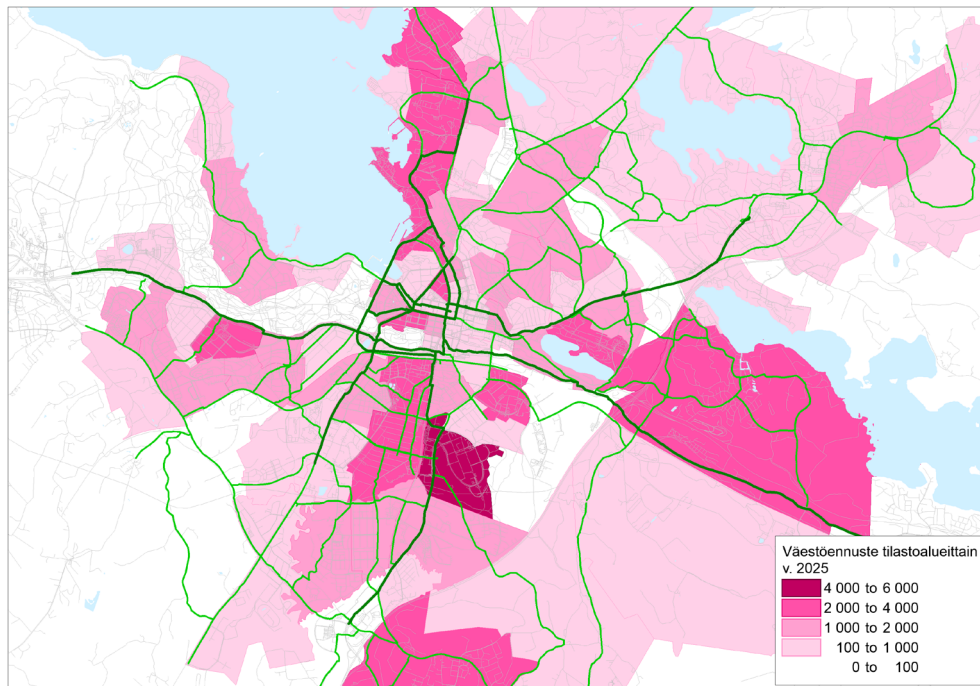
Ehdotusvaiheessa oli tavoitteena arvioida erityisesti yleiskaavan vaikutukset palveluverkkoon, kävelyyn ja pyöräilyyn sekä lapsiystävällisyyteen. Näitä teemoja läpileikkaavaksi arviointiteemaksi otettiin kaupunkitaloudelliset vaikutukset. Arviointityö toteutettiin vuorovaikutteisesti kahdessa seminaarissa ja verkkotyöskentelynä. Laaja joukko kaupungin asiantuntijoita kaikilta toimialoilta osallistui aktiivisesti vaikutusten arviointiin.

Yleiskaavan vaikutusarvioinnin aloitusseminaari pidettiin 15.5.2015. Aloitusseminaarissa käydyn vuoropuhelun tuloksena muodostettiin kunkin teeman kannalta olennaiset kysymykset, joihin tulee etsiä vastausta arviointityössä. Kävelyn ja pyöräilyn osalta muodostettiin seuraavat kolme ydinkysymystä:

- Mitä väestöryhmiä yleiskaavan kävely- ja pyöräilyratkaisut palvelevat?
- Kasvaako kävelyn ja pyöräilyn osuus?
- Mihin muutos kohdistuu?

Aloitusseminaarin jälkeen seurasi varsinainen arviointivaihe, jonka lähtötietona oli tarkoitus hyödyntää yleiskaavan tausta-aineistoja. Lahden kaupungin strategia ja liikennepoliittiset linjaukset tavoittelevat kävellen ja pyöräillen tapahtuvan liikkumisen voimakasta kasvua. Kaupungin strategisena tavoitteena on nostaa arjen matkoilla pyöräilyn kulkutapaosuus nykyisestä 13 prosentista 20 prosenttiin vuoteen 2025 mennessä. Yleiskaavan vaikutusarvioinnin tavoitteena oli muun muassa varmistaa, että ehdotusvaiheen muutokset tukevat kävelylle ja pyöräilylle asetettuja tavoitteita. Pyöräliikenteen kohdalla oli todettu mahdolliseksi kokeilla analyyttistä ja numeerista arviointimenetelmää strategisen tason asiantuntija-arvioinnin rinnalle.

Varsinaisena arviointikohteena oli Lahden yleiskaavaehdotus, jossa määritelty pyöräliikenteen pääverkko perustuu vuonna 2012 valmistuneeseen Lahden kävelyn ja pyöräilyn kehittämissuunnitelma 2025 -hankkeeseen:



Kuva 6. Arvioinnin kohteena ollut pyöräliikenteen pääverkko ja yleiskaavaehdotuksen mukainen maankäyttö vuodelle 2025

Pyöräilyteeman kohdalla arviointityö aloitettiin rakentamalla liikkumismalli Lahteen ja Nastolaan. Malli toteutettiin luvussa 2.3 kuvatulla tavalla. Keskeisimmät paikalliset lähtötiedot olivat YKR-aineiston lisäksi nykytilanteen pyörätieverkot tarkistuksineen, tavoitetilanteen maankäytön mitoitus asutuksen ja työpaikkojen osalta sekä pyöräliikenteen laatuikäytävät ja muut pyöräilyn pääreitit (tavoiteverkko). Nykytilanteen ennuste estimoitiin Lahden seudun liikennetutkimusaineiston 2010 perusteella. Arvioinnin vertailuasetelma muodostettiin nykytilanteesta (2014) ja vuoden 2025 ennustetilanteesta, eli yleiskaavaehdotuksen vaikutuksia arvioitiin nykytilanteeseen nähden. Samalla todettiin tarkoituksenmukaiseksi tuottaa Brutuksella yleiskaavan CO₂-laskelmaan lähtötiedot lahtelaisten liikkumissuoritteina, jotka saatiin pyöräliikenteen mallinnuksen sivutuotteena.

Arviointikysymyksiä työstettiin kesä-elokuussa ja osapuolet vaihtoivat ajatuksia OneNote-työskentelynä verkossa. Varsinaisia arviointituloksia käsiteltiin tulosseminaarissa 9.9.2015. Tilaisuudessa käytiin teemoittain läpi esiin nousseita ilmiöitä sekä varsinaisen arvioinnin kiteytyksenä vastaukset aiemmin esitettyihin kysymyksiin. Seuraavissa luvuissa on esitetty pyöräliikenteen vaikutusarvioinnin tulokset.

2.4.3 Pyöräliikenteeseen kohdistuvat vaikutukset

Pyöräilyn pääverkon kaavamerkinnät vahvistavat pyöräliikenteen asemaa

Tehokkain pyöräilyn edistämisen ohjauskeino on yleiskaavakartan merkintä pyöräilyn pääreiteistä ja aluereiteistä, mikä oikeusvaikutteisen kaavan osana parantaa pyöräilyn institutionaalista asemaa eri kaavoitustasoilla ja liikennesuunnittelussa. Pyöräilyn pääreitit pääkartalla määräyksineen ja selostuksessa taustoineen pyrkivät varmistamaan yhtenäisen ja korkealaatuisen toteutuksen.

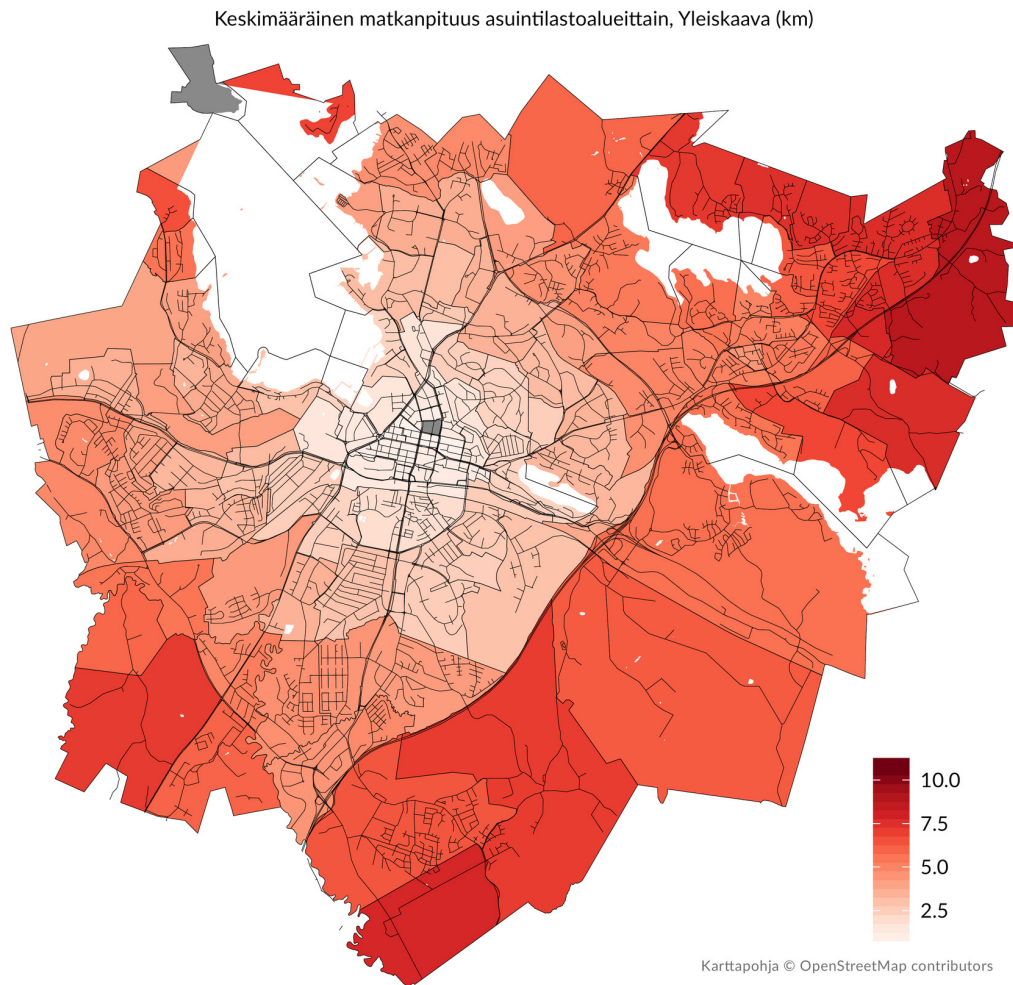
Pää- ja aluereittien varret lähialueineen edesauttavat myös pyöräilyintensiivisten toimintojen (koulut ja opiskelupaikat) ja myös sellaisiksi mahdollisesti tavoiteltujen palveluiden (ostospaikat, harrastus- ja vapaa-ajan paikat) toteuttamista. Väylähierarkian tunnistaminen helpottaa alemman verkkotason suunnittelua. Tavoiteverkko ohjaa myös teknisten ratkaisujen suunnittelua sekä reittien hoidon ja ylläpidon priorisointia.

Liikkumistarve

Lahden yleiskaavan tavoitteeksi on asetettu yhdyskuntarakenteiden tiivistäminen ja kaupunkimaisen rakenteen laajentaminen. Tavoitteena on ollut jalankulku- sekä jalankulun reuna- ja joukkoliikennevyöhykkeillä asuvan väestön osuuden lisääminen. Ruutupohjaisen analyysin mukaan tavoite toteutuu. Asukkaiden keskimääräinen etäisyys Lahden keskustasta kasvaa, kuten myös asutettujen ruutujen keskimääräinen väestötiheys.

Matkan pituus on oleellinen liikkumistarpeeseen ja kulkutavan valintaan vaikuttava seikka. Yleiskaavan keskeinen ohjauskeino on liikkumistarpeeseen vaikuttaminen. Tiivis maankäyttö ja arjen lähipalvelut lyhentävät kulkuetäisyyksiä, mikä on kävelyn ja pyöräilyn suosion kasvattamisen lähtökohta.

Liikkumisennusteen perusteella lahtelaisten liikkumistarve ja keskimääräinen matkapituus näyttää yleiskaavatilanteessa kasvavan nykytilanteeseen verrattuna (3,9 km → 4,1 km). Muutos ei ole kovin suuri, mutta suunta on tavoitteeseen nähden vastakkainen.



Kuva 7. Keskimääräiset matkapituudet alueittain yleiskaavaehdotuksessa

Yleiskaavassa väestön kasvu kohdistuu osin ruutukaavan tuntumaan ja pyöräilyvyöhykkeelle, mutta suurelta osin myös sellaisille alueille (Renkomäki, Karisto), jotka eivät sijaitse kestävien liikkumismuotojen kannalta kaikkein otollisimmalla vyöhykkeellä.

Kävelyllä ja pyöräilyllä sopiva yhdyskunta- ja palveluverkko merkitsee arjen palveluiden (lähikauppa, koulu, päiväkoti, terveyspalvelut) löytymistä läheltä kotia, mitä myös palvelukyselyyn vastanneet kaupunkilaiset pitävät erityisen tärkeinä. Julkisten palvelujen verkon tiivistyminen ja toimipisteiden vähentäminen keskittää palveluja, millä on kahdensuuntaisia vaikutuksia: yksikkökokojen kasvattaminen lisää vetovoimaa, mikä parantaa saavutettavuutta. Toisaalta etäisyyksien kasvattaminen heikentää saatavuutta ja saavutettavuutta.

Palveluverkon liikenteellisten vaikutusten osalta ei mallinnuksessa ja arvioinnissa ollut käytettävissä konkreettista suunnitelmaa, joten päätelmät liikkumistarpeen kokonaisuutoksesta pohjautuvat väestön määrän ja painopisteen ja liikennejärjestelmän muutoksen yhteisvaikutukseen. Siten palveluverkkojen kuvausten osalta myös tuloksiin sisältyy väistämättä epävarmuutta.

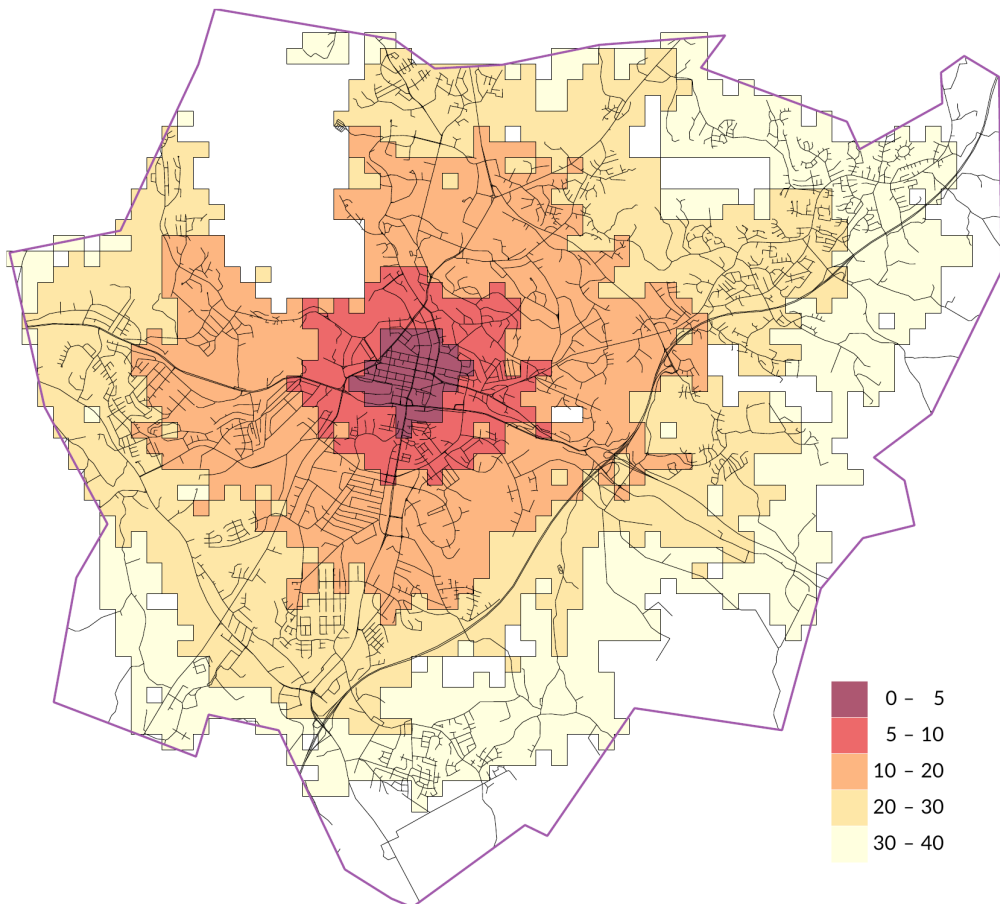
Pyöräliikenteen pääreitit

Pyöräilyn pää- ja aluereittien funktiona on tarjota sujuvat ja turvalliset yhteydet merkittävimpiin liikennettä synnyttävien toimintojen ja palveluiden välille. Suunnitellut pyöräliikenteen pääreitit ottavat huomioon yleiskaavaehdotuksen mukaiset maankäytön tihentymät, työpaikka- ja asuinalueet, nykyiset palvelut, koulut sekä nykyiset jalankulku- ja pyörätiet ja pyöräilyverkon kysyntäpotentiaali.

Pääreitit yhdistävät pyöräilyetäisyydellä olevat aluekeskukset kaupunkikeskukseen, ja reitit johdetaan työpaikka- tai asutuskeskittymien läpi. Yleiskaavaehdotuksen mukainen pyöräliikenteen pääverkko toteuttaa hyvin toiminnallisia vaatimuksia ja täyttää varsin onnistuneesti jatkuvuuden ja yhdistävyyden tavoitteita.

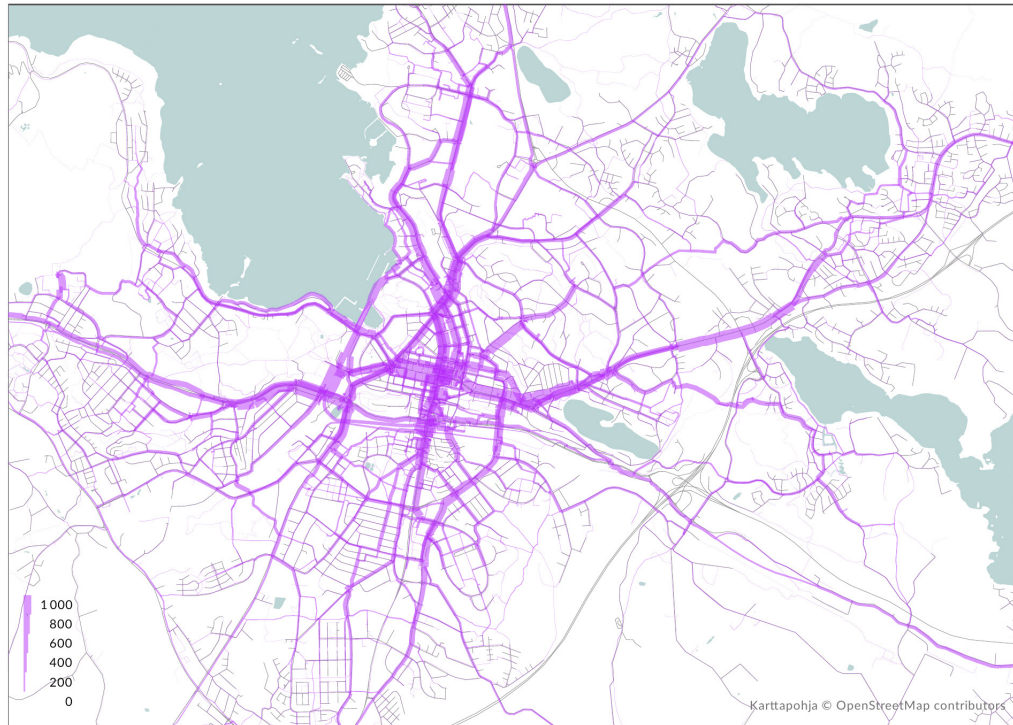
Laatu- ja pääreittien myötä eri toimintojen saavutettavuus pyörällä paranee, jolloin mahdollisuudet tehdä matkoja pyörällä paranevat selvästi nykyisestä. Lisäksi pyöräilyverkon yhtenäistäminen ja laatukäytävien osoittaminen yleiskaavassa sujuvoittaa pyöräilyä ja vähentää epäjatkuvuuksia, mikä vahvistaa pyöräilyn asemaa erityisesti työ- ja asiointimatkoilla. Keskustan pyöräilysaavutettavuus myös autovyöhykkeiltä paranee tuntuvasti, sillä pää- ja aluereitit ulottuvat myös kauempana sijaitseville asuinalueille.

Lahden keskustan matkavastusvyöhykkeet polkupyörällä, Yleiskaava

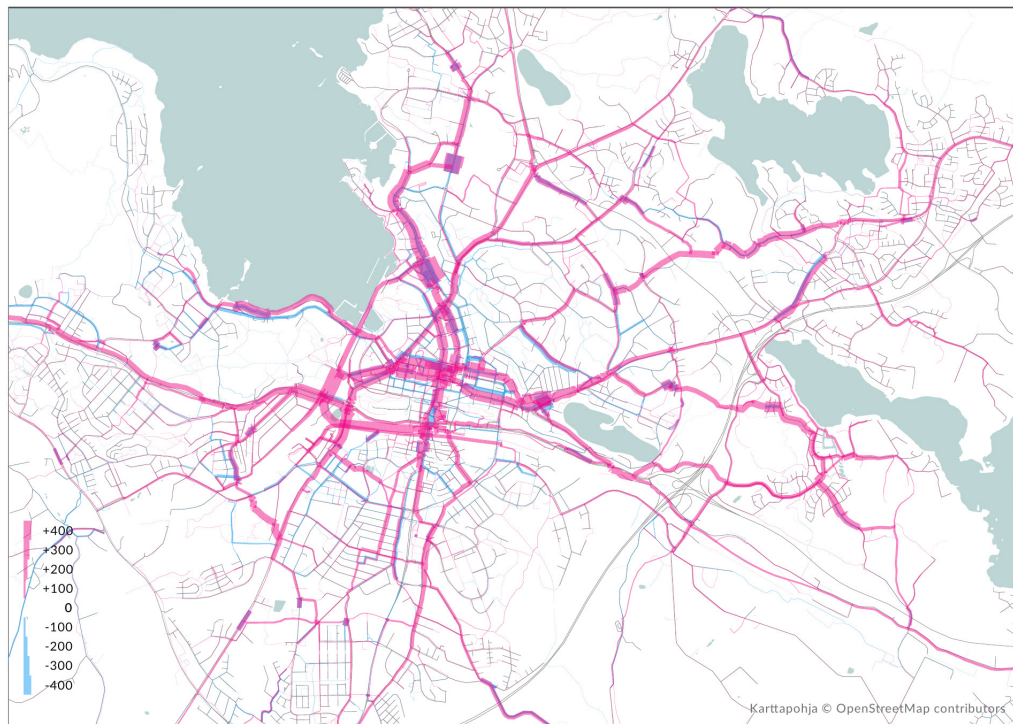


Kuva 8. Lahden keskustan saavutettavuus (minuuttia) pyörällä yleiskaavaehdotuksen mukaisessa tilanteessa

Pyöräilyn aluereitit on suunniteltu niin, että ne vastaavat merkittävimpiin päivittäisen liikunnan tarpeisiin ja palvelevat mahdollisimman hyvin itsenäiseen liikkumiseen kykeneviä ja erityisesti noin viiden kilometrin etäisyydellä keskustasta asuvia.

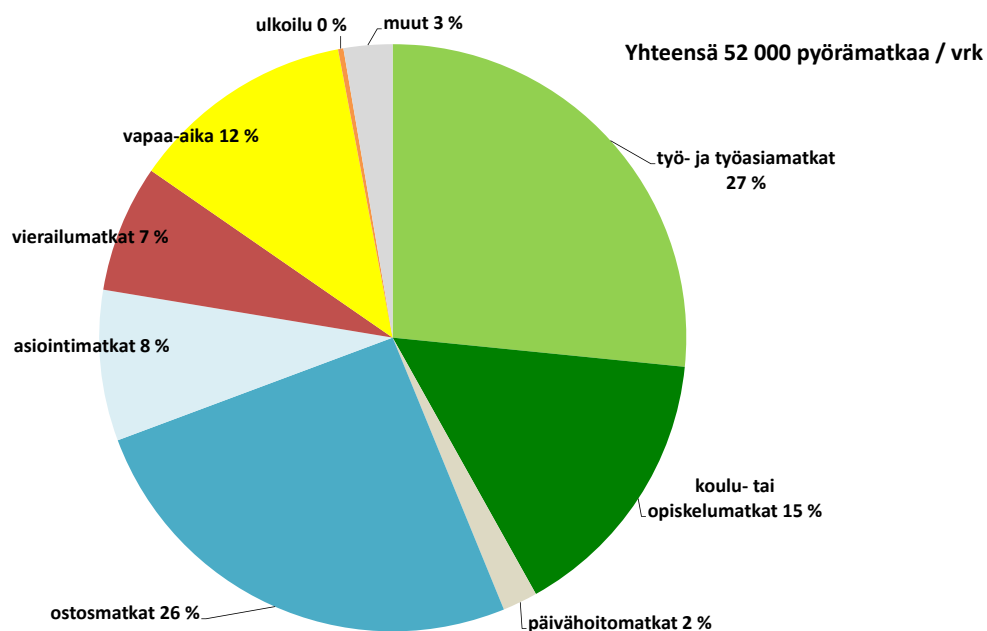


Kuva 9. Pyöräliikenteen kysyntäpotentialia v. 2025



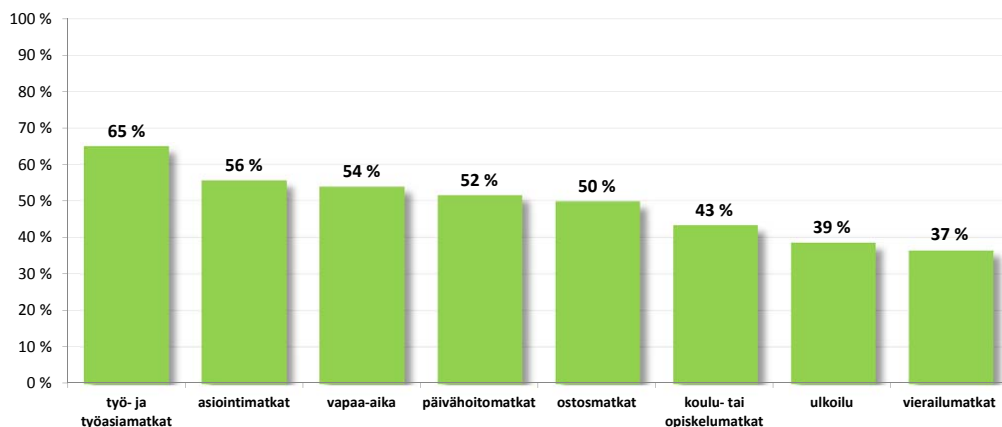
Kuva 10. Pyöräliikenteen kysynnän muutos verkolla 2014–2025.

Yleiskaavan mukaisessa tilanteessa tehdään 52 000 matkaa pyörällä arkivuorokaudessa. Pyöräliikenteen matkojen jakautuminen matkan tarkoituksen mukaan on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Pyöräliikenteen matkojen jakautuminen tarkoituksen mukaan

Liikkumisennusteen mukaan yli puolet kaikista pyörällä tehtävistä matkoista käyttää pää- ja aluereittejä, eli suunnitellut pyöräilyn pääreitit palvelevat valtaosaa pyöräilyn kokonaiskysynnästä. Pää- ja aluereitit näyttävät hyödyttävän erityisesti pyörällä tehtäviä työmatkoja, joista noin kaksi kolmasosaa tukeutuu jossain määrin pää- ja aluereitteihin. Koulumatkoista noin 40 % hyödyntää pyöräilyn pääverkkoa.



Kuva 12. Pyöräliikenteen pääreittejä käyttävien osuudet matkaryhmittäin

Yleiskaavaehdotus parantaa vain hieman pyöräliikenteen suosiota muihin kulkutapoihin nähden. Muutoksen suunta on tavoitteen mukainen, mutta muutos on selvästi tavoiteltua pienempi. Liikkumisennusteen perusteella pyöräliikenteen verkoston ja yhteyksien kehittäminen ei näytä kompensoivan kaupunkirakenteen laajenemisesta aiheutuvaa haittaa, eli yleiskaavaehdotuksen myötä ei välttämättä ole osoitettavissa merkittävää kasvua pyöräliikenteen suosiossa nykytilanteeseen nähden. Toisaalta laatukäytävien ja pääreittien sujuvuus ja turvallisuus ovat vahvasti riippuvaisia väylien ja risteysjärjestelyiden teknisestä toteutuksesta, infrastruktuurin tasalaatuisuudesta, hyvästä ylläpidosta ja hoidosta, jotka ratkaistaan yleiskaavaa tarkemmilla suunnittelutasoilla.

2.4.4 Tulosten hyödyntäminen lopputuotteessa

Yleiskaavan selostuksessa on tarina siitä, millainen kaupunki Lahti on vuonna 2025. Vaikutusten arvioinnin tulokset kirjattiin yleiskaavan selostukseen ja niitä hyödynnettiin yleiskaavaehdotuksen valmistelussa. Kaavaselostuksessa on kuvattu kävelyyn ja pyöräilyyn liittyvät ratkaisut perusteluineen sekä vaikutusten arvioinnin keskeiset tulokset. Yleiskaavaselostus tehtiin ensimmäistä kertaa sähköiseen muotoon: (<http://lahdenvuosi.fi/yleiskaava/yleiskaavaselostus>).

2.5 Kokemukset ja suositukset jatkotoimiksi

2.5.1 Liikkumisen mallintaminen strategisella suunnittelutasolla

Henkilöliikenteen yksilömallin korkea mallinnusresoluutio mahdollistaa liikkumisen mallintamisen aina valtakunnallisesta henkilöliikenteestä yksittäisten kohteiden liikumisanalyysiin. Erityisen hedelmällistä maaperää yksilömallin käytölle näyttää olevan yleiskaavojen laadintaan ja valmisteluun liittyvän arviointitiedon tuottaminen, sillä malli tarkastelee monipuolisesti maankäytön ja liikenneverkkojen vuorovaikutussuhteita. Lisäksi yksilölähtöinen mallinnusfilosofia vaikuttaa lähtökohtaisesti soveltuvan hyvin esimerkiksi julkisen lähipalveluverkon tai kaupan palveluverkon liikenteellisten vaikutusten arviointiin.

Esimerkkitapauksessa kyettiin tuottamaan esitettyihin ydinkysymyksiin määrällisen analyysin kautta täydentäviä vastauksia, joten siltä osin liikkumisen mallintaminen on perusteltua jo strategisen tason suunnitelmaa arvioitaessa. Mallien avulla kyettiin vastaamaan muun muassa yhdyskuntarakenteen tiivyyttä, toimintojen saavutettavuutta ja liikkumisen kestävyyttä koskeviin kysymyksiin. Osa ennakoon oletetuista vaikutuksista voitiin mallinnuksella vahvistaa. Toisaalta osaan etukäteen arvioituista (halutuista) vaikutuksista kehoitettiin analyysien jälkeen suhtautumaan jatkosuunnittelussa huomioitavina riskeinä.

Yleiskaava on luonteeltaan mahdollisuuksia luova ja pitkälti konseptiajattelua sisältävä strateginen asiakirja, mistä syystä tiettyjen teemojen, esimerkiksi koulumatkojen turvallisuuden, analysoiminen konkreettisten suunnitelmien puuttuessa on usein käytännössä mahdotonta. Verrattain suuri osa arvioinnin yhteydessä esitetystä kysymyksistä voi kohdistua myös sellaisiin seikkoihin, jotka ratkaistaan yleiskaavaa tarkemmalla suunnittelutasolla. Siltä osin arvioinnissakin voidaan sortua näennäistarkkuuteen.

Työssä ei kyetty arviomaan palveluverkkokonseptin vaikutuksia liikkumiseen, koska konkreettista suunnitelmaa tulevasta palveluverkosta ei ole ollut saatavilla. Palveluverkkojen muodostamisen ja arviointien yhteydessä kannattaa jatkosuunnittelussa hyödyntää jo laadittua yksilötason liikkumismallia, joka sisältää jokaisen lahtelaisen päivittäisen liikkumisen. Julkisten palveluverkkojen tapauksessa olisi varsin yksinkertaista aloittaa tietystä teemasta, esimerkiksi kouluverkkotarkastelusta.

Yleiskaavatasoiseen maankäytön suunnitteluun liittyvässä vaikutusarvioinnissa on olennaista päästä selvittämään liikkumiseen ja eri kulkutapoihin kohdistuvia vaikutuksia jo maankäytön mitoitukseen ja toimintojen sijoitteluun liittyvissä työvaiheissa, joihin otollisimmassa tapauksessa sisältyy vielä vaihtoehtoja painotusten ja tavoitealueiden suhteen. Myös palveluverkkojen sisällyttäminen arvioitaviin teemoihin ja konseptienkin konkretisointi kannattaa pyrkiä hahmottelemaan jo luonnosvaiheessa, koska tällä on suora kytkentä mm. kaupunkitaloudellisiin vaikutuksiin.

Ennen arviointia on keskeistä tunnistaa olennaiset arviointiteemat ja niitä koskevat tavoitteet. Strategisen tason arvioinnissa olennaista on keskittyä tunnistamaan vaikutusten suunta ja suuruusluokka suhteessa asetettuihin tavoitteisiin.

2.5.2 Pyöräliikenne yleiskaavatason vaikutusarvioinnissa

Yleiskaavalla vaikutetaan merkittävästi liikkumistarpeeseen, mistä syystä sen tarkastelu on erittäin olennaista pyöräliikenteen edellytysten kannalta. Yleiskaavan keinoja kävelyn ja pyöräilyn edistämiseksi on esitetty Kävely ja pyöräily kaavoituksessa -julkaisussa (kuva 13):

Yleiskaavan keinoja edistää kävelyä ja pyöräilyä

- Suunnitellaan kävelylle ja pyöräilylle sopiva yhdyskunta- ja palveluverkko. Luodaan mahdollisuudet kävelyn ja pyöräilyn käyttöön lyhentämällä kulkuetäisyyksiä, tiivistämällä maankäyttöä sekä sijoittamalla arjen palvelut, kuten lähikauppa, koulu, päiväkotit ja mahdollisuuksien mukaan myös työpaikat lähelle asutusta turvallisten yhteyksien päähän. Vahvistetaan taajama- ja kaupunkikeskustoja.
- Perustetaan uusien ja laajennusalueiden rakennusratkaisut kävelyn ja pyöräilyyn sekä joukkoliikenteeseen siellä, missä siihen on muutoin edellytyksiä. Varmistetaan muun liikenteen osalta kuljetukset ja huolto.
- Suunnitellaan kävelyn ja pyöräilyn pääverkon ja yksityiskohtaisemmassa yleissuunnitelmassa tapauskohtaisesti myös alueverkon pääreitit sekä pääverkkoon kuuluvien alikulujen paikat. Huolehditaan siitä, ettei yleiskaava aiheuta kävelyn ja pyöräilyn verkkoon epäjatkuvuutta.
- Noudatetaan kävely- ja pyöräilyreittien suunnittelussa verkkosuunnittelun lähtökohtia ja periaatteita. Viedään kävely- ja pyöräilyreitit yhdyskuntarakenteen sisään pois pääliikenneväylien varsilta siellä missä se on tarkoituksenmukaista. Vältetään suurien korkeuserojen muodostumista.
- Huolehditaan, että kävelyn ja pyöräilyn yhteydet joukkoliikenteen reiteille ja terminaaleihin ovat sujuvat, esteettömät ja turvalliset sekä helposti saavutettavat.
- Sijoitetaan toiminnot siten, etteivät ne aiheuta kevyen liikenteen ja autoliikenteen ongelmakohtia kuten vilkkaiden teiden ja katujen ylitystarpeita tai turvattomia yhteyksiä kouluille.
- Arvioidaan kaavaratkaisujen vaikutuksia liikennemuotojen kulkutapaosuuksiin.
- Annetaan kävelyä ja pyöräilyä edistäviä suunnittelumääräyksiä tarkempaa kaavoitusta ja suunnittelua varten.
- Harkitaan tarvetta antaa rakentamisrajoituksia kävely- ja pyöräilyreitin toteuttamismahdollisuuksien varmistamiseksi.

Kuva 13. Yleiskaavan keinoja edistää kävelyä ja pyöräilyä (lähde: Kävely- ja pyöräily kaavoituksessa, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 51/2011)

Pyöräliikenteestä ei tule suosittua vain siksi, että strategia tai edistämishjelma niin väittää. Yleiskaavatasoisessa liikkumisesta koskevassa arvioinnissa tulee keskittyä eri kulkutapojen työnjakoon suhteessa asetettuihin tavoitteisiin. Pyöräliikenteen sujuvuuden ja kulkutapaosuuden kasvun kannalta yleiskaavataso arvioinnissa on tärkeintä keskittyä kaupunkirakenteen ja sitä palvelevan pyöräliikenteen pääverkon tarkasteluun.

Pyöräliikenteen edistäminen edellyttää kokonaisvaltaista näkemystä eri kulkutapojen roolista erilaisilla liikkumisvyöhykkeillä. Yleiskaavatasolla tehtävä liikenneverkkojen toiminnallinen luokittelu vastaa tähän vain osittain. Yleiskaavaa tarkentavat väylä- ja aluetyyppikohtaiset toteutustapaohjeet antavat myös yleispiirteisiä suuntaviivoja, mutta tarkempi arviointi edellyttää perusteltua kuvausta eri liikennemuotojen prioriteeteista eri liikkumisvyöhykkeillä ja -alueilla. Kartalle viety esitys eri kulkutapojen keskinäisestä tärkeysjärjestyksestä konkretisoisi liikennepoliittista tahtotilaa ja auttaisi esimerkiksi ohjaamaan väylätyyppien ja liittymien suunnitteluratkaisuiden valintaa.

Esimerkiksi yleiskaavan luonnosvaiheessa on tarpeen tuottaa kulkutapaosuuksien lisäksi tietoa matka- ja aikasuoritteista kulkutavoittain ja alueittain, millä saadaan alustavasti tuntumaa tavoiteltujen vaikutusten suunnasta. Tämä tarkoittaa sitä, että arviointimenetelmät kykenevät tarkastelemaan kaikkia relevantteja kulkutapoja ja ottamaan huomioon eri tekijöiden merkitystä kulkutapojen houkuttelevuuden kannalta.

Seuraavassa taulukossa on kuvattu sisältöteemoja, jotka voivat liittyä yleiskaavaan tai muuhun strategisen tason suunnitteluun. Pyöräliikenteeseen kohdistuvien vaikutusten osalta on kuvattu keinoja ja mittareita, joita voidaan hyödyntää vaikutusarvioinnissa.

Taulukko 1. Esimerkkejä yleiskaavatasoisessa suunnittelussa asetettavista pyöräliikenteen tavoitteista, keinoista ja mittareista

Tavoite	Keinoja	Mittareita ja kriteerejä
Pyöräilyn kulkutapaosuus nousee 13 prosentista 20 prosenttiin (kaupungin strategian linjaus)	Toteutetaan pyöräilyn laatu-käytävät, parannetaan pyöräilyn olosuhteita ja verkkoa erityisesti keskustassa.	Verrataan nykyistä kulkutapaosuutta yleiskaavan mukaisesta verkosta mallinnettuun kulkutapaosuuteen ja seurataan kehitystä.
Koululaisten liikkuminen kestäviä kulkutapoja hyödyntäen lisääntyy	Kaupunkiympäristö, yhdyskuntarakenne ja palveluverkko mahdollistavat lasten itsenäisen kulkemisen kouluun ja harrastuksiin kävellen ja pyörällä.	Ala- ja yläkouluikäisten ja lukioikäisten pyöräillen tehtävät koulu- ja vapaa-ajan matkat, kulkutapaosuudet jne.
Yläkoulu- ja lukioikäisten vapaa-ajan liikunnan harrastaminen lisääntyy		Liikuntapaikkojen saavutettavuus kävellen tai pyörällä em. käyttäjäryhmien kannalta
Työkyvyn ylläpitäminen ja edistäminen	Tiivis kaupunkirakenne ja yhtenäinen kävely- ja pyörätieverkko mahdollistaa työ- ja asiointimatkat kävellen ja pyörällä.	Työ- ja asiointimatkoilla pyöräilyn kulkutapaosuus, jota tarkastellaan myös ikäluokittain
Ikääntyneiden ulkoilu lisääntyy	Ikäihmisten asumista sijoitetaan paikkoihin, joissa palvelut ovat lähellä	Palveluiden ja toimintojen saavutettavuus kävellen ja/tai pyörällä yli 65-vuotiaiden keskuudessa.

Asukkaiden päivittäisliikkumisen sujuvuuden kannalta on kiinnostavaa arvioida eri toimintojen saavutettavuutta pyörällä. Saavutettavuus ei kuitenkaan ole yksikäsitteinen suure, jolla on täsmällinen mittari, vaan siihen liittyy sekä maankäyttö (toimintojen määrä ja sijainti) että aika. Saavutettavuuskäsitteen moniselitteisyyden ja tavoitetilanteen maankäyttötietojen sumeuden vuoksi voikin useissa tapauksissa olla selkeintä tarkastella eri kulkutapojen kilpailukyvyn muutosta, esimerkiksi keskusten tai muiden verrattain pysyvien rakenteiden suhteen tehtävin matka-aikavertailuin.

Suunnitelmallisella ja jatkuvalla seurannalla voidaan arvioida tavoitteiden toteutumisen suuntaa ja nopeutta. Liikkumisen seurannan kannalta ensi vaiheessa olisi olennaista kuroa umpeen kävelyn ja pyöräilyn laskentatietojen määrällistä ja laadullista eroa autoliikenteeseen nähden.

Seudullisten laajojen ja raskaiden liikkumistottumustutkimusten rinnalle pitää kehittää kevyempiä tutkimusmenetelmiä, joilla saadaan kustannustehokkaasti ja tiheämällä syklillä selvitettyä liikkumisessa tapahtuneita muutoksia. Liikennevirasto on tehnyt selvityksen kevennettyjen liikkumiskyselyjen laatimisesta (Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 6/2014).

Pyöräliikenteen aseman kannalta oleellista on, että se otetaan suunnitteluun ja arviointiin omana kulkutapana mukaan jo tavoitteiden asettamisen yhteydessä. Liikenneverkkoja tulee tarkastella eri kulkutapojen tavoitteellisen roolin kautta sekä kokonaisuutena ja liikkumisvyöhykkeittäin. Tärkeintä on muistaa, että pyöräilystä voi tulla suosittua vain, jos sitä suositaan suunnitelmissa ja niitä koskevissa arvioinneissa – olipa kyse sitten yleiskaavasta tai yksittäisen liikenneväylähankkeen suunnittelusta.

3 Pyöräilyn liikennemallin matka-aikatiedon kehittäminen – case Oulu, Rovaniemi, Kokkola ja Joensuu

Edellisessä luvussa (case Lahti) on käsitelty uutta yksilömalleihin ja ruutupohjaiseen, tiheään aluejakoon perustuvaa Brutus-mallijärjestelmää ja sen soveltamista yleiskaavataso tarkasteluun. Tässä luvussa tarkastelunäkökulmana ovat liikenneverkon ominaisuudet ja niiden vaikutukset pyöräilyn matka-aikoihin ja reitinvalintaan. Tarkastelu ei ole sidoksissa mallinnusjärjestelmään, kuten yksilö- tai ryhmämallit, vaan sen tuloksia on mahdollista hyödyntää sekä kulkutavan että kulkureittien valinnassa mallinnusjärjestelmästä riippumatta.

3.1 Tausta

Tässä työssä pyöräilyn liikennemallien kehittämisen lähtökohtana olivat laajoihin liikennetutkimuksiin perustuvissa liikennemallijärjestelmissä havaitut puutteet. Hyödynnettäessä liikennemalleja esimerkiksi pyöräilyn pääreittien ja niiden ominaisuuksien määrittämisessä on havaittu, että pyöräilyn nopeuksista ei saada riittävästi tietoa liikennetutkimuksista. Matkapäiväkirjatutkimuksissa ei pääsääntöisesti ole selvitetty ajettuja reittejä ja niiden nopeuksia, jolloin pyöräilyn kulkutapaosuutta selittää yleensä pelkästään matkan pituus, jota kuvaa pyörätie- ja katuverkkoa pitkin laskettu lyhin etäisyys. Tätä taustaa vasten myös pyöräilyn reitinvalinta ja väylien laatutekijöiden vaikutus siihen ovat jääneet malleissa liian vähälle huomiolle.

Työssä mukana olleet case-kaupungit valikoituivat siten, että tutkimuksen tekijät ovat aikaisemmin laatineet liikennemallit kyseisiin kaupunkeihin. Oulussa, Rovaniemellä ja Kokkolassa mallien taustalla oli laaja liikennetutkimus, jolloin mallit sisältävät kulkutavanvalinnan mallinnuksen ja tuottavat myös pyöräilyn kysyntämatriisit kaikissa matkaryhmissä. Joensuussa valmista pyöräilymallia ei ollut käytettävissä. Joensuuhun laadittiin pyörämalli työtä varten karkeasti muokkaamalla autoverkosta pyöräilyverkko ja tuottamalla kotiperäisten työ-, koulu- ja muiden matkojen matkat (kysyntämatriisi) kokemukseräisesti muista kaupungeista saatujen havaintojen pohjalta.

Liikennemalliprosessit ovat kaikissa mainituissa kaupungeissa aktiivisesti käytössä, joten pyöräilyosion kehittämisestä saadaan selkeästi suoraa hyötyä kaikkiin kaupunkeihin.

3.2 Tutkimus

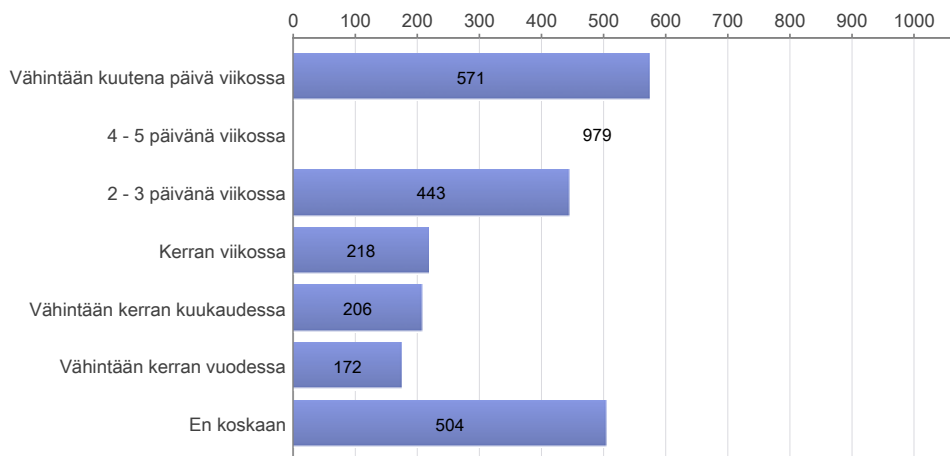
Tutkimuksen osana tehtiin diplomityö "Pyöräilyn liikennemallin kehittäminen kaupungeissa" (Erkki Kauppinen, TTY, 2015), jossa käsiteltiin laajemmin pyöräilyyn vaikuttavia tekijöitä. Ennen tutkimusta oli tehty myös liikennetekniikan erikoistyö (Erkki Kauppinen, TTY, 2014), jossa Rovaniemen liikennetutkimuksen ja -mallien sekä topografiatietojen avulla selvitettiin mäkisen maaston vaikutusta pyöräilyyn. Opinnäytetyössä oli tavoitteena parantaa pyöräilyn kuvausta strategisissa liikennemalleissa tarkentamalla pyöräilyn nopeuksia ja matka-aikaa erilaisissa olosuhteissa ja sitä kautta reitinvalintaa. Erityisesti keskityttiin keskusta-alueisiin, joissa pyöräilyolo-

suhteiden kuvauksessa on yleensä suurimmat puutteet ja häiriöpisteitä muiden liikennemuotojen kanssa on paljon. Työ jakaantui kolmeen vaiheeseen:

1. Haastattelututkimus
2. Kenttämittaukset
3. Mittaustulosten testaaminen kaupunkien mallijärjestelmillä

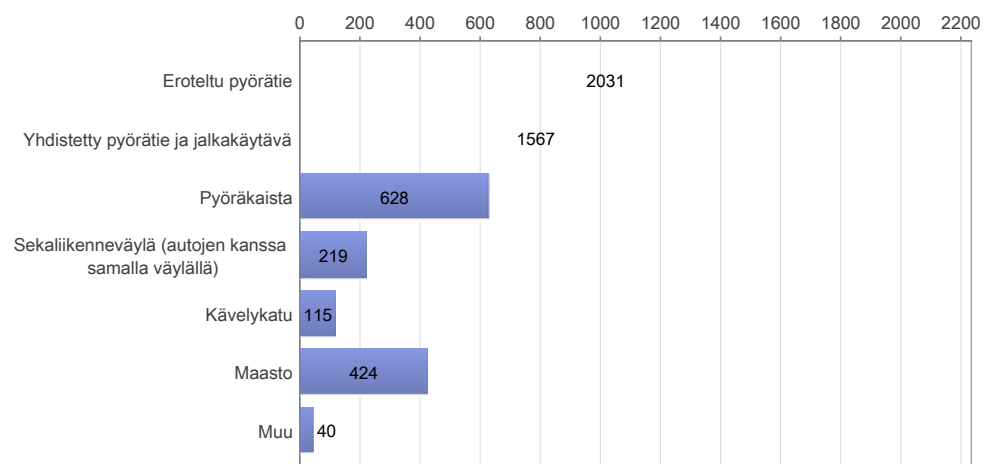
3.2.1 Haastattelututkimus

Haastattelututkimus toteutettiin internet-kyselynä jakamalla kyselyn linkkiä kaupunkien kanssa sovitulla tavoilla. Kyselyn tavoitteena oli selvittää reitinvalintaan liittyviä tekijöitä. Vastauksia saatiin yhteensä runsaat 3000, joista n. 60 % Oulusta. Kuviissa 14–17 on esitetty vastausten jakaumia suoraan käytetystä Webropol-ohjelmistosta tuotettuina; kuviissa esiintyvät luvut ovat absoluuttisia vastausmääriä ja kaikkien kaupunkien vastaukset on koottu yhteen. Vastaajat olivat tutkimustavasta johtuen lähtökohtaisesti jo melko aktiivisia pyöräilijöitä, kuten talvikauden pyöräilyaktiivisuutta havainnollistava kuva 14 osoittaa. Yli puolet vastaajista pyöräili talvikaudellakin lähes joka päivä.

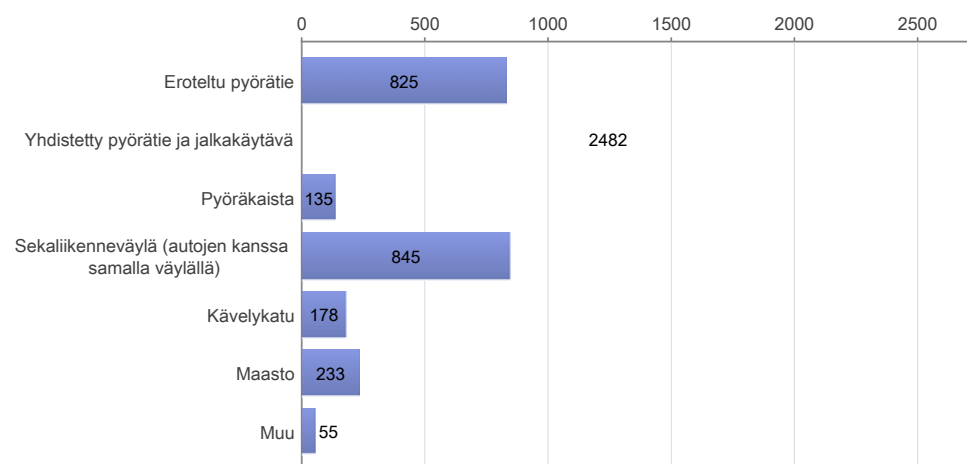


Kuva 14. Vastaajien pyöräilyaktiivisuus talvikaudella

Pyöräilyväylän tyyppinä arvostettiin eniten eroteltua pyörätietä (kuva 15), vaikka eri väylätyyppien käytön osuus (kuva 16) kertoo selvästi, että eniten pyöräilyä tapahtuu yhdistetyillä pyöräteillä ja jalkakäytävillä. Vastausten nojalla eroteltujen pyöräteiden määrää tulisi tutkimuskaupungeissa lisätä. Sekaliikenneväylillä autojen kanssa ajamista ei juurikaan arvosteta, mutta niitä joudutaan kuitenkin selvästi käyttämään: noin viidesosassa matkoista on käytetty sekaliikenneväylää. Pyöräkaistojen vähäinen arvostus saattoi johtua niiden vähäisyydestä tutkimuskaupungeissa.



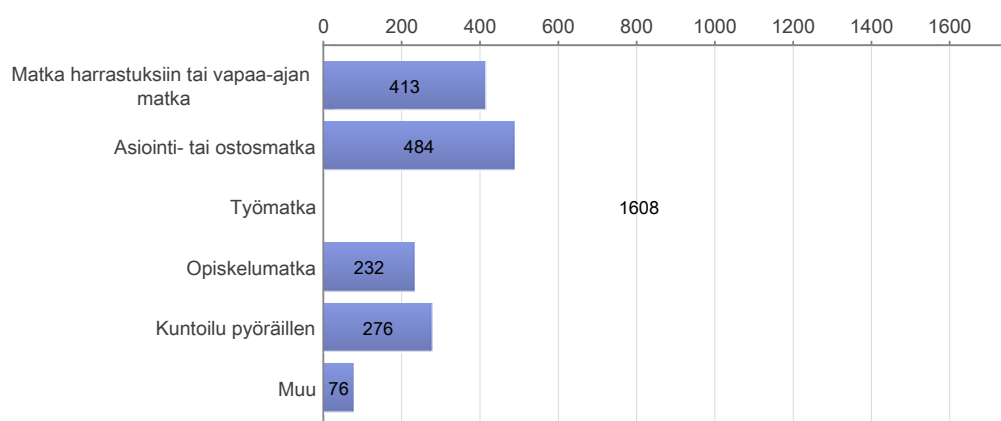
Kuva 15. Vastaajien mieltymys erilaisiin väylätyyppeihin



Kuva 16. Pyöräteiden käyttö kunkin vastaajan edellisellä pyörämatkalla

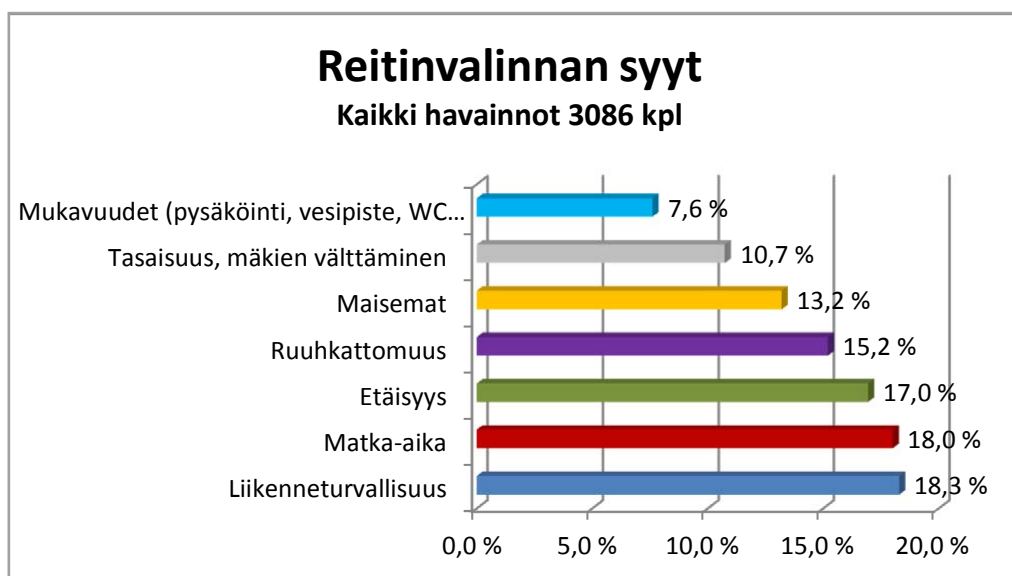
Vastaajien tekemistä pyörämatkoista reilusti yli puolet oli työ- tai opiskelumatkoja (kuva 17), jolloin niiden olosuhteiden parantamisella vaikutetaan suurimpaan osaan nykyistä pyöräilyä. Pyöräilyn pääreittien määrittelyssä on siten edelleenkin syytä kiinnittää erityistä huomiota suurten asuinalueiden sekä työpaikka-alueiden, koulujen ja oppilaitosten välisiin pyöräreitteihin.

Lähes 10 % tehdyistä matkoista kuului ryhmään "kuntoilu pyöräillen". Nämä matkat jäävät yleensä liikennemalleista pois, koska niissä lähtö- ja määräpaikka on usein sama, yleensä oma koti, ja niiden selvittäminen liikennetutkimuksessa edellyttäisi reittien kysymistä tarkemmin. Pyöräreittien suunnittelua varten myös pyörälenkkien mallinnusta kannattaisi kehittää.



Kuva 17. Haastateltujen tekemien matkojen tarkoitus

Kuvassa 18 on esitetty reitinvalintaan vaikuttavien tekijöiden syyt. Tärkeimmät olivat liikenneturvallisuus ja matka-aika kaikissa kaupungeissa. Liikenneturvallisuutta ei ole sen tärkeydestä huolimatta toistaiseksi juurikaan käytetty malleissa kulkutavanvalinnan perusteena. Esimerkiksi mäkisyys korostui selvästi kaupungin mäkisyyden mukaan; eniten mäkisyys vaikutti Rovaniemellä, jossa korkeuseroja on eniten, ja vähiten tasaisimmassa Kokkolassa.



Kuva 18. Haastateltujen ilmoittamat syyt reitinvalintaan

Matka-aikaa pidettiin kaikissa kaupungeissa tärkeämpänä kriteerinä kuin matkan pituutta. Kohdekaupunkien pyöräilymalleissa on kuitenkin jouduttu käyttämään pyöräilyn saavutettavuutta kuvaavana muuttujana matkan pituutta, koska pyöräilynopeuksia ei ole saatu matkapäiväkirjatutkimuksissa riittävän luotettavasti selvitettyä. Vaikka matkan pituus lasketaan käytettävissä olevaa pyörille sallittua väylästää pitkin, tämä voi vaikuttaa siten, että kulkutavan valinnassa pyöräilyn osuus jää liian pieneksi sellaisilla aluepareilla, joiden välillä on turvallinen, korkealuokkainen, nopea tai vähän häiriöpiteitä sisältävä pyöräyhteys.

Vertailutekijöistä lähinnä matka-aika, etäisyys ja tasaisuus ovat mitattavissa olevia suureita, joiden käyttö malleissa on luontevaa; muut tekijät sisältävät enemmän tai vähemmän kunkin omia arvotuksia ja mielikuvia. Esimerkiksi liikenneturvallisuuden arvotus saattaa syntyä tapahtuneiden onnettomuuksien tai itse koetun turvattomuuden kautta. Ruuhkaisuuden kokemus saattaa syntyä paitsi suuresta määrästä pyöräilijöitä ja jalankulkijoita, myös suuresta autoliikenteen määrästä. Koulumatkoilla pyörän käyttöön voi vaikuttaa myös vanhempien näkemys: koulureitin turvattuus voi johtaa siihen, että vanhempi kuljettaa lapsen kouluun autolla.

Pyöräilyväylien riittävyyteen vastaajat olivat pääosin tyytyväisiä tai erittäin tyytyväisiä. Tyytymättömien osuus oli n. 20 %. Väylien kuntoon ja laatuun tyytymättömiä oli sen sijaan jo lähes 40 %, mikä seurannee väylien kunnossapitoresurssien pieneenemisestä. Pyöräpysäköintipaikkojen riittävyyteen ja laatuun tyytymättömiä oli noin puolet vastaajista. Pyöräpysäköintiä lisäämällä ja sen laatua parantamalla voidaan sekä lisätä pyöräilyn houkuttelevuutta että parantaa ympäristön viihtyisyyttä etenkin suuria pyöräilymääriä houkuttelevissa paikoissa, kuten keskustat, joukko-liikenneterminaalit, koulut, oppilaitokset ja isot työpaikat.

3.2.2 Kenttämittaukset

Erillisessä "Oulun keskustan kävelyn ja pyöräilyn kehittämissuunnitelma" -työssä⁴ pyöräilyn reitinvalintaa testattiin aluksi käyttäen vakionopeutta koko pyöräverkolla. Testissä pyöräily sijoittui liikaa vilkkaimpien autoväylien varsille, joilla liikennevalo-ohjaus aiheuttaa viiveitä pyöräilijöille ja häiriöpiisteitä on runsaasti. Tämä antoi sysäyksen tutkia kenttämittauksin tarkemmin Oulun keskusta-alueen pyöräilynopeuksia ja viiveitä. Kenttämittaukset tehtiin opinnäytetyön⁵ yhteydessä Oulussa, jossa painopiste oli ydinkeskustan pyöräilyverkon kehittämisessä. Muissa tutkimuksissa mukana olevissa kaupungeissa ei tehty tämän työn yhteydessä vastaavia mittauksia, vaan niidenkin testiajoissa käytettiin Oulun mittauksissa saatuja havaintoja.

Kenttätutkimuksissa kuvattiin risteyksiä videoille, joista mitattiin pyöräilijöiden kokonaisaikoja (odotus- ja ylitysaika) erityyppisten risteysten ylityksissä. Kokonaisylitysajoista pyrittiin löytämään yhteisiä parametreja, joista voitaisiin muodostaa kokonaisylitysaikaa kuvaava vaikutusfunktio. Lisäksi suoritettiin pistenopeusmittauksia erilaisilla väylillä keskusta-alueella ja keskustan ulkopuolella. Pistenopeusmittaukset suoritettiin nopeusnäyttötaululla ja Viacount-tutkalla kuvan 19 pisteissä. Mittauksissa havaitut keskinopeudet on esitetty taulukossa 2.

⁴ Oulun keskustan pyöräilyn ja kävelyn kehittäminen (Oulun kaupunki, Yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut, 2015)

⁵ Pyöräilyn liikennemallin kehittäminen kaupungeissa (TTY/diplomityö, Erkki Kauppinen, 2015)

Oulun jalankulun ja pyöräilyn liikennelaskenta
ja pyöräilyn pistenopeusmittaukset 2015

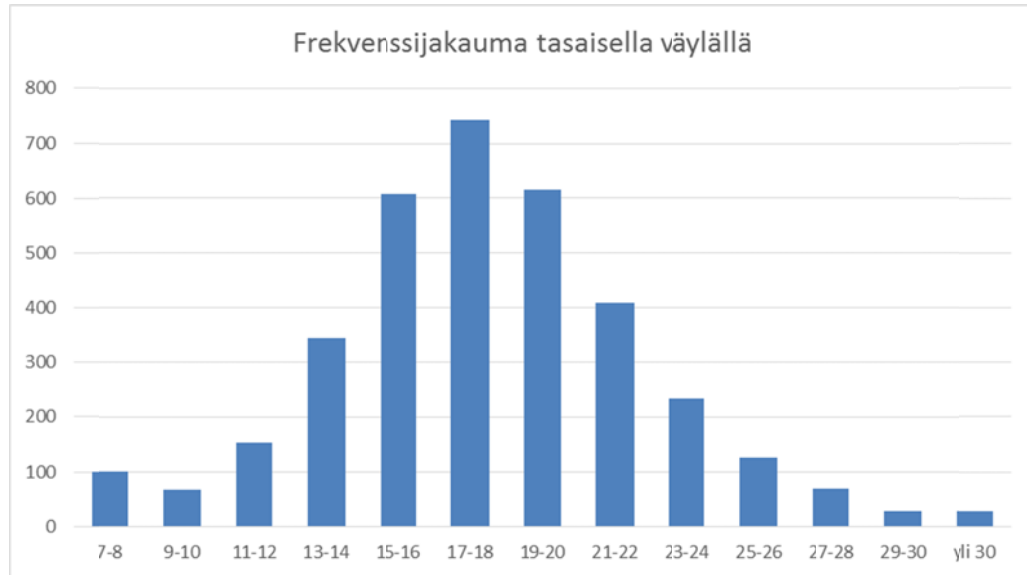


Kuva 19. Tutkimuksen nopeusmittauspisteet ja Oulun kaupungin jatkuvan pyörälaskennan mittauspisteet keskustassa ja lähialueilla

Taulukko 2. Nopeusmittaustulokset Oulun kaupungin keskustassa ja lähialueilla

Päivä	Mittausaika	Paikka	Havaintoja	Keskinop. km/h	Päällyste	Väylätyyppi
14.8.2015	klo 06:58 - 08:11	Kanavaranta	256	16,11	betonikivi	Yhd. pyörätie ja jk
17.8.2015	klo 06:52 - 08:06	Veturiaukio	262	14,91	betonikivi	Shared Space
17.8.2015	klo 15:18 - 15:51	Hupisaaret	160	15,93	asfaltti	Yhd. pyörätie ja jk
18.8.2015	klo 07:12 - 07:57	Rotuaari	112	14,07	kivilaatta	Kävelykatu
18.8.2015	klo 14:29 - 15:57	Hollihaka	131	18,63	hiekkä	Yhd. pyörätie ja jk
19.8.2015	klo 07:37 - 08:57	Hupisaaret	345	18,28	asfaltti	Yhd. pyörätie ja jk
19.8.2015	klo 15:14 - 16:30	Värtön ranta	285	15,60	asfaltti	Yhd. pyörätie ja jk
19.8.2015	klo 09:52 - 10:42	Rotuaari	29	10,92	kivilaatta	Kävelykatu
20.8.2015	klo 07:20 - 07:59	Tehtaankatu	112	18,06	asfaltti	Yhd. pyörätie ja jk

Alhaisimmat nopeudet mitattiin kävelykadulla (Rotuaari). Aamulla työmatkaliikenteen aikana keskinopeus Rotuaarilla oli n. 14 km/h ja myöhemmin aamupäivällä n. 11 km/h, jolloin kävelykadulla on selvästi enemmän kävelijöitä. Suurimmat keskinopeudet, yli 18 km/h, havaittiin täysin erillään autoliikenteestä sijaitsevilla väylillä Hollihaassa ja Hupisaarilla.



Kuva 20. Nopeusjakauma tasaisella väylällä Oulun keskustan ulkopuolella

Pyöräilyn nopeushajonta on melko suurta, vaikka tutkimusajankohdan pyöräily oli pääsääntöisesti työmatkaliikennettä.

Pituuskaltevuuden vaikutusta nopeuksiin mitattiin myös viidessä eri havaintopisteessä. Tulokset (taulukko 3) vastaavat hyvin kirjallisuudesta saatuja havaintoja. Ylämäestä koituva haitta on selvästi suurempi kuin alamäestä saatava hyöty. Tästä seuraa, että matka-aikaa kriteerinä käytettäessä tasainen maasto on edullisempi kuin mäkinen maasto. Tilanne voi jonkin verran tasoittua sähköavusteisten pyörien leistyessä, etenkin jos niissä voidaan jatkossa hyödyntää alamäen jarrutusenergiaa akkujen lataukseen.

Taulukko 3. Pyöräilyn keskinopeudet tasaisella ja eri kaltevuuksilla aamuliikenteessä

Paikka	Kaltevuus		Keskinopeus	Määrä	Aika
Kontinkankaanpolku	ylämäki	-4,0 %	9,69 km/h	181 kpl	6:33 - 8:57
Merikoski	ylämäki	-2,5 %	14,19 km/h	62 kpl	6:35 - 8:58
Plaanaojanpolku	tasainen	0 %	17,75 km/h	390 kpl	6:26 - 9:00
Kontinkankaanpolku	alamäki	5,0 %	22,63 km/h	41 kpl	6:33 - 8:57
Merikoski	alamäki	5,4 %	27,73 km/h	48 kpl	6:35 - 8:58

Pituuskaltevuuden vaikutusta voidaan kuvata seuraavalla kaavalla

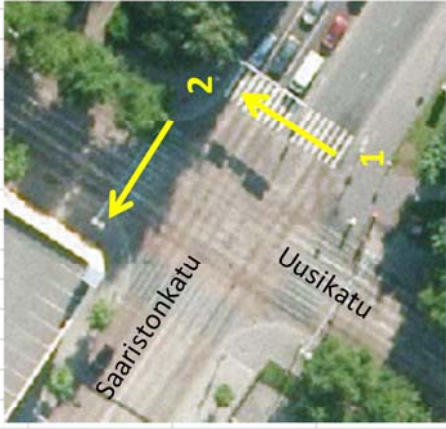
$$v(s) = K \cdot s + v(0)^6$$

missä

$K_{1,2}$	= kulmakerroin
s	= tien pituuskaltevuus %
$v(0)$	= keskinopeus tasaisella
$v(s)$	= keskinopeus ajettaessa mäkeä

Kertoimen K arvoksi määritettiin mittaustulosten perusteella alamäessä 1,48 ja ylämäessä -1,96.

Nopeusmittausten lisäksi keskustassa mitattiin viivytyksiä pyöriteiden jatkeilla eri tilanteissa, joista taulukko 4 kuvaa liikennevalo-ohjatun liittymän viivytyksien syntymistä.

				
Kaikkien keskiarvot				
odotus 1	ylitys	odotus 2	odotus yht	yht
4,94	7,41	34,81	39,75	47,16

Kuva 21. Esimerkki suojatieviiveiden mittauksesta

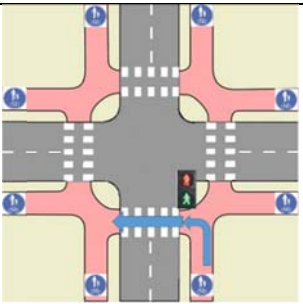
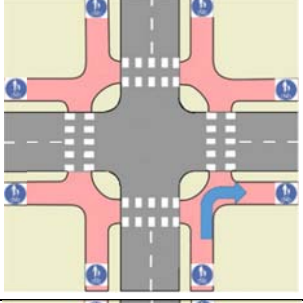
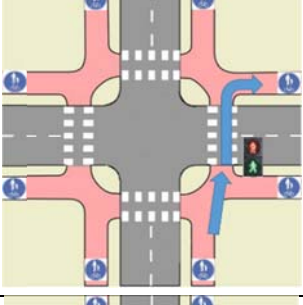
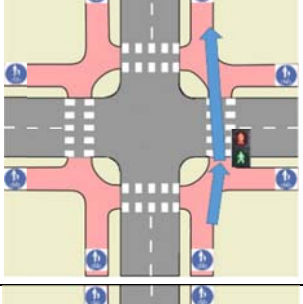
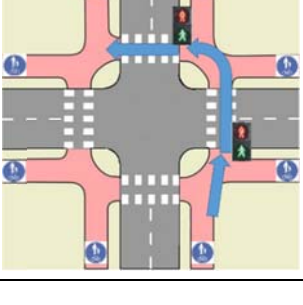
Mittausten kautta liikennevalo-ohjatun suojatien todelliseksi keskimääräiseksi viivytykseksi saatiin n. 20 s, jonka hajonta on kuitenkin erittäin suuri. Jos suojatievihreä kulkusuunnalla on juuri syttynyt, ei viivettä aiheudu lainkaan, jos taas valo on juuri muuttunut punaiseksi, viivytys maksimoituu ja saattaa joissakin tapauksissa aiheuttaa muutoksen reitinvalintaan. Pyöräilijä ei yleensä tiedä viiveen suuruutta ennakoon. Jos käytetään liikenteen sijoittelussa kaikille liikennevalo-ohjatuille suojateille 20 s viivettä, pyöräilijät kiertävät liikennevalo-ohjatut liittymät mahdollisuuksien mukaan. Tämä johtaa epärealistiseen tulokseen, jollei myös muiden häiriöpiisteiden aiheuttamia viiveitä pystytä ottamaan huomioon.

⁶ Pyöräilyn liikennemallin kehittäminen kaupungeissa (TTY/diplomityö, Erkki Kauppinen, 2015)

Mittausten perusteella saatujen nopeuksien ja viivytysten vaikutus siirrettiin pyöräilyn verkkokuvaukseen kahdella eri tavalla:

- mitattu keskinopeus annettiin suoraan pyörälinkin nopeudeksi tai
- lisättiin suojateiden tyypistä johtuva vakioviivytyksen vaikutus keskinopeuteen.

Taulukko 4. Tyypilliset tapaukset ja viiveet liikennevaloristeyksissä

Tapaus	Tilannekuva	Viiveen aiheuttajat
Kulkusuunnan muutos ja pyörätien jatkeen ylittäminen		<ul style="list-style-type: none"> - hidastus - odotus - ylitys - kiihdytys
Käännös oikealle		<ul style="list-style-type: none"> - kaarre
Pyörätien jatkeen ylittäminen ja kulkusuunnan muutos		<ul style="list-style-type: none"> - hidastus - odotus - ylitys - kaarre - kiihdytys
Pyörätien jatkeen ylittäminen ja samaan kulkusuuntaan jatkaminen		<ul style="list-style-type: none"> - hidastus - odotus - ylitys - kiihdytys
Kahden pyörätien jatkeen ylitys		<ul style="list-style-type: none"> - hidastus - odotus - ylitys - odotus - kiihdytys

3.3 Pyöräilyn liikennemäärävertailut tutkimus-kaupungeissa

Kaupunkikohtaiset tarkastelut tehtiin ns. "ennen-jälkeen" -tarkasteluna, jossa "ennen" kuvaa pelkästään matkan pituuden huomioon ottavaa pyöräliikenteen sijoittelua. Tällöin pyöräilyn nopeus koko verkolla oletetaan vakioksi. "Jälkeen"-tilanteessa sijoittelut on tehty ottaen huomioon myös ajonopeuksien vaikutus keskustaympäristöissä tutkimuksessa tehtyjen havaintojen perusteella. "Jälkeen"-sijoitteluissa on testattu paitsi erilaisia väylän luokasta (pääreitit, aluereitit, muut reitit) riippuvia perusnopeuksia, myös erilaisia viivytyksiä ja etäisyyden vaikutuksen painokertoimia. Tuloksia on arvioitu kaupunkikohtaisesti käytettävissä olevien pyöräliikenteen laskentatietojen perusteella. Koska tämän työn yhteydessä ei tehty erillisiä laskentoja, jää parametrien tarkempi kalibrointi tehtäväksi myöhemmin pyöräilyä koskevien suunnitteluhankkeiden yhteydessä.

3.3.1 Oulu

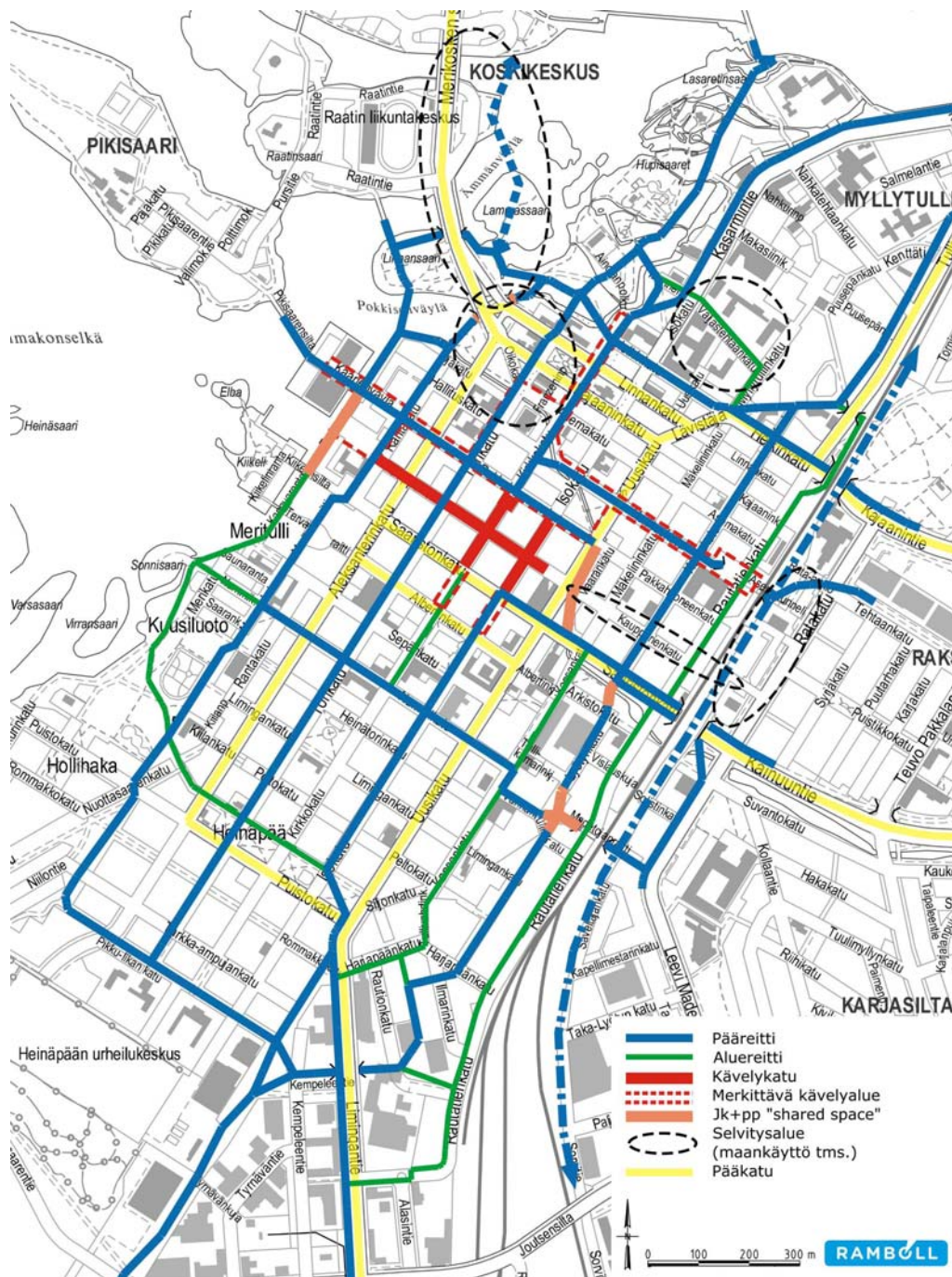
Oulu profiloituu pyöräilykaupunkina, jossa on jo pitkään määrätietoisesti kehitetty erillään autoväylistä kulkevia pyöräilyn pääreittejä. Tästä hyvänä esimerkkinä toimivat Oulujoen suistossa toteutetut lukuisat kävelyn ja pyöräilyn sillat, joilla etenkin virkistysliikkuminen on erittäin runsasta. Koska Oulun seudun liikennemallin taustalla oleva tutkimus kuvaa syys-marraskuun liikkumista, ei suiston siltojen liikenne näy kokonaisuudessaan sijoittelukuvissa. Hyvästä kokonaistilanteesta huolimatta Oulun ydinkeskustassa on kuitenkin selkeitä puutteita pyöräilyverkossa ja sen jatkuvuudessa, mikä haittaa myös keskustan läpi kulkevaa pyöräliikennettä.

Pyöräliikenteen sijoitteluja tehtiin runsaasti käyttäen sijoittelun periaatteena puhtaasti matka-aikaa ja matka-ajan ja -pituuden yhdistelmää, jossa matkan pituuden merkitys pyritään ottamaan huomioon. Seuraavassa kuvaparissa vasemmalla on vakionopeuksia käyttäen saatu lähtötilanne ja oikealla on käytetty tutkimustulosten avulla johdettuja uusia pyöräilyn nopeuksia väylätyypeittäin ja parhaaksi todettua sijoitteluperiaatetta. Sijoiteltava kysyntämatriisi on molemmissa sama ja on johdettu Oulun seudun liikennetutkimuksesta vuodelta 2009.



Kuva 22. Ennen-jälkeen-tarkastelu Oulussa

Lähtötilanteessa pyöräily sijoittuu enemmän autoilun pääväylien varsille ja lävistää keskustaa sattumanvaraisemmin. Jälkeen-tilanteessa pyöräilyä siirtyy selvästi vähemmän häiriö pisteitä sisältäville reiteille, joissa keskinopeustaso on selvästi korkeampi. Tarkastelua hyödynnettiin Oulun keskustan kävelyn ja pyöräilyn kehittämissuunnitelmassa⁷, jonka lopputuloksena syntyi kuvan 23 mukainen pyöräilyn pää- ja aluereittiverkosto



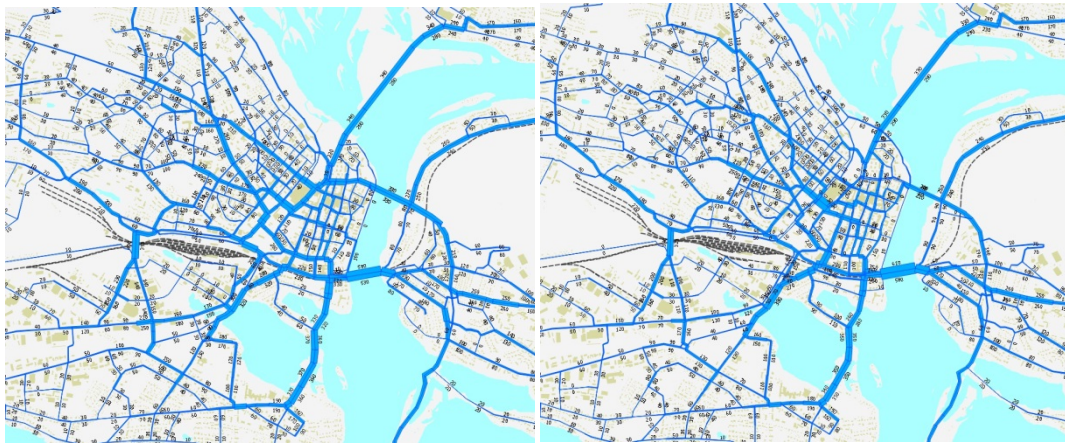
Kuva 23. Oulun keskustan pyöräilyn tavoiteverkko, merkittävät kävelyalueet, selvitysalueet ja autoliikenteen pääkadut. (Oulun kaupunki 2015)

⁷ Oulun keskustan pyöräilyn ja kävelyn kehittäminen (Oulun kaupunki, Yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut, 2015)

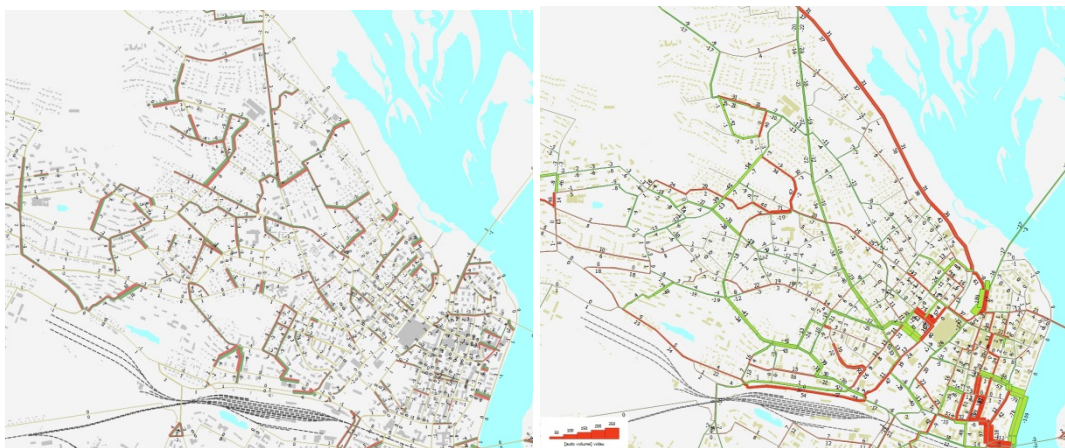
3.3.2 Rovaniemi

Rovaniemellä on myös hyvän pyöräilykaupungin edellytykset, vaikka ilmasto ja suu-
rehtot korkeuserot tätä vähän hillitsevät. Rovaniemen keskustaajama on kohtalaisen
tiivis ja sinänsä matkojen pituudet ovat sopivia myös pyöräilyyn. Rovaniemi on myös
hallinto- ja opiskelukaupunki, mikä selvästi puoltaa pyöräilyä työ- ja opiskelumatko-
jen kulkutapana.

Rovaniemellä huomiota kiinnitettiin uusien väyläkohtaisten nopeustietojen ja häiriö-
pisteiden vaikutusten lisäksi korkeustietojen hyödyntämiseen reitinvalinnassa. Rova-
niemellä liittymäviivytysten huomioon ottaminen (kuva 24) tuottaa selvästi vähem-
män muutoksia pyöräilyn sijoittumiseen kuin Oulussa. Korkeusmallia käytettäessä
(kuva 25) muutokset ovat helpommin havaittavissa: esimerkiksi Ounasjoen rantaa
kulkeva tasainen ja häiriötön reitti saa lisää pyöräilijöitä.



Kuva 24. Ennen-jälkeen-tarkastelu Rovaniemellä

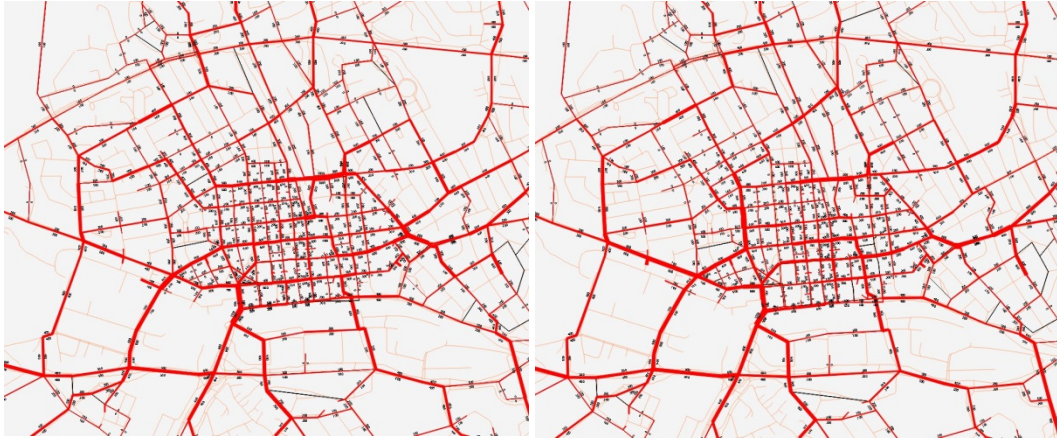


Kuva 25. Pyöräväylien pituuskaltevuudet (vasen, pun=alamäki) ja pituuskalte-
vuuksien vaikutukset pyöräliikenteen sijoittumiseen (oikea, pun=kasvu)

Korkeusmallin käytön tulokset jäivät oletettua vähäisemmiksi. Tämä johtunee siitä,
että Rovaniemellä pääkadut ja niiden varsilla tehokkaat pyöräväylät on pääosin toteu-
tettu korkeuskäyrien suuntaisesti eikä oikaisevia, mutta korkeuseroiltaan suuria reit-
tejä ole juurikaan ollut järkevää toteuttaa. Korkeuseroista johtuen Rovaniemellä on
tutkimuskaupungeista vähiten mahdollisuuksia viedä pyöräreittejä erilleen auto-
liikenteestä.

3.3.3 Kokkola

Kokkolalla on hyvät edellytykset nostaa statustaan pyöräilykaupunkina, koska maasto on tasaista ja keskustaajamarakenne melko suppea. Valtaosa asukkaista asuu kolmen kilometrin etäisyydellä keskustasta. Tästä samalla seuraa, että joukkoliikenteen toimintaedellytykset ovat heikot. Kokkolan joukkoliikenne perustuukin pitkälti koululaiskuljetuksiin. Pyörätieverkostossa on jo useita autoliikenteeseen verrattuna oikaisuvia reittejä, joilla nostetaan pyöräilyn kilpailukykyä autoihin verrattuna.



Kuva 26. Ennen-jälkeen-tarkastelu Kokkolassa

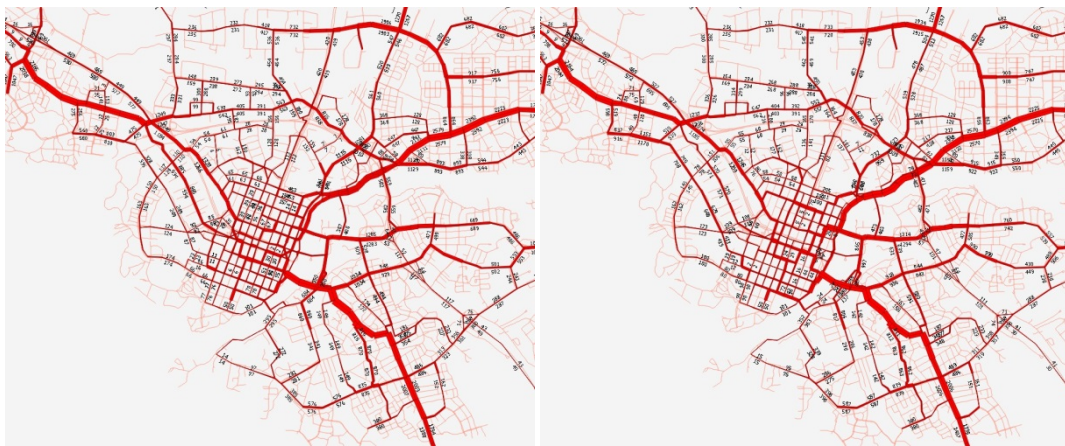
Ennen-jälkeen-tarkastelussa havaittiin, että tutkimuksessa määritettyjä parametreja käyttäen pyöräily hakeutuu jonkin verran pois runsaasti liikennevalo-ohjattuja liittymiä sisältävien pääkatujen varsilta. Pääkatujen ulkopuolella automäärät ovat pieniä ja pyöräily suhteellisen turvallista, vaikka erillisiä pyörävyiä ei kaikkialla ole voitu toteuttaa.

Kokkolassa on tehty määrätietoisesti pyöräilyn kehittämistyötä. Jatkossa väylästöä kehitetään muun muassa kaupunkia halkovan pienen joen ympäristössä sekä parantamalla yhteyksiä valtatievarressa sijaitsevalle kampusalueelle.

3.3.4 Joensuu

Myös Joensuu profiloituu hyvänä pyöräilykaupunkina. Kaupungin vahvimmat työpaikka-alueet, kuten yliopisto, tiedepuisto, lukuisat virastot ja sairaala, sijaitsevat pyöräilyä tukien lähellä keskustaa ja asukkaita. Pyöräreittejä kulkee jo nykyisin runsaasti puistoalueilla ja rantoja pitkin erillään autoliikenteestä; lisäksi Pielisjoen yli on pyöräilijöille käytössä kaksi siltaa enemmän kuin autoilijoille. Keskustan liikenneverkon suunnittelussa on johtolankana selkeyttää pääkatujärjestelmää ja toteuttaa sen tärkeimmät liittymät kiertoliittyminä, joihin Joensuun katuverkossa on pääosin riittävästi tilaa.

Joensuussa ei ole tehty laajaa matkapäiväkirjatutkimusta, joten aiemmin laadittu liikennemalli ei sisältänyt pyöräliikennettä. Tämän työn yhteydessä laadittiin alustava pyörämalli, jossa liikenneverkko muokattiin autoverkon pohjalta lisäämällä siihen erilliset pyörävyylät. Kysyntämatriisi laadittiin kotiperäisten pyörämatkojen osalta hyödyntäen kokemuksia muista kaupungeista. Mallin tuottamien pyörämatkojen kokonaismäärää pystyttiin arvioimaan joen ylittävän pyöräilyn osalta ja saamaan sen suuruusluokka oikealle tasolle.



Kuva 27. Ennen–jälkeen-tarkastelu Joensuussa

Jälkeen-tilanteessa korostuvat selvästi rantojen ja puistojen kautta kulkevat erilliset reitit. Eteläisimpänä sijaitseva Ylisoutajan silta on tehty pelkästään kävelijöille ja pyöräilijöille yhdistämään voimakkainta kasvualuetta, Penttilää, keskustaan. Sillan kysyntä ei vielä näy kokonaisuudessaan, koska liikenneverkko on vielä keskeneräinen Penttilän puolella.

Joensuussa on käynnistymässä vuonna 2016 kävelyn ja pyöräilyn pääreittisuunnittelu, jossa pyörämallia tullaan edelleen kehittämään ja käyttämään.

3.4 Havaintoja ja johtopäätöksiä

Tutkimuksen pääkysymyksenä oli selvittää, miten pyöräilyä voitaisiin edistää mallintamista hyödyntämällä. Pyöräily ei ole yhtä säännönmukaista kuin autoilu, vaan pyöräilijä voi muuttaa ajokäyttäytymistään useita kertoja saman matkan aikana riippumatta muiden pyöräilijöiden käyttäytymisestä. Pyöräilijä voi matkan aikana muista pyöräilijöistä riippumatta vaihdella ajonopeuttaan, pysähtyä yllättäen, tehdä u-käännöksiä, muuttaa reittiä, nauttia hitaammasta nopeudesta kauniilla säällä, ajaa nopeammin sateen uhatessa tai vaikka pysähtyä kesken matkan keskustelemaan vastaantulijan kanssa.

Pyöräilyn liikennemallin kehittäminen onkin paljon monimutkaisempaa kuin moottoriliikenteen. Myös erilaisissa risteyksissä pyöräilijät käyttäytyvät eri tavalla. Ainoastaan työ- ja koulumatkapyöräilijöiden voisi olettaa pyöräilevän menomatkallaan nopeinta ja suorinta reittiä kohteeseensa.

Tämän tutkimuksen tuloksena saatiin tarkempia tietoja pyöräilijöiden nopeuksista erilaisilla väylillä, erilaisten risteysten aiheuttamista viiveistä sekä mäkisyyden vaikutuksista ajonopeuksiin. Näiden tietojen avulla tehdyt testit neljän kaupungin liikennemalleilla osoittivat, että mallit ovat kehitettävissä hyviksi työkaluiksi muun muassa pyöräilyn pääreittien priorisointiin ja yleensäkin tarkempien pyöräilyn matka-aikojen tuottamiseen. Liikennemallilla voidaan myös simuloida liikenteen kuormituksia reitti-kohtaisesti, jolloin saadaan informaatiota investointitarpeiden kohdentamiseen oikeisiin kehittämiskohteisiin.

Kaupunkikohtaisissa testeissä kokeiltiin erilaisia liikenteen sijoittelumenetelmiä. Mitauksissa havaitut viivytykset eivät selvästikään yksin riitä reitinvalinnan tarkentamiseen, vaan malleja on syytä edelleen kaupunkikohtaisesti kalibroida muun muassa pyöräilylaskentojen avulla, joita tämän työn yhteydessä ei erikseen tehty. Esimerkiksi matkan pituuden huomioon ottaminen sijoittelussa on yleensä järkevää, koska yleensä ihmisillä on taipumus lähteä siihen suuntaan, jossa kohde sijaitsee, vaikka kiertävä reitti olisi selvästi nopeampi. Malleilla voidaan tutkia muun muassa pääreittisuunnittelun tueksi erilaisia skenaarioita, kuten "liikennevalo-ohjattujen pääkatujen välttäminen", "konfliktipisteiden välttäminen" tai "puistoreittien suosiminen".

Tutkimuksessa kuvattiin pyöräilijöiden viiveitä kaupunkikeskustan risteyksissä. Pyöräilijöiden viiveet muodostuvat nopeuden hidastamisesta ennen risteystä, odotusajasta risteyksessä ja nopeuden kiihdyttämisestä jälleen matkanopeuteen.

Kaupunkikeskustojen liikennevalo-ohjaus on lähtökohtaisesti suunniteltu autoilun ehdoilla. Tutkimuksen aikana nousi esiin ainakin seuraavia kysymyksiä, joita olisi syytä jatkossa tutkia:

- saataisiinko yhteenkytkettyjen liikennevalojen mitoitusnopeutta muuttamalla etua pyöräilylle heikentämättä olennaisesti autoliikennettä
- voitaisiinko pyöräilyn pääreittien ja pääkatujen risteämiskohdat suunnitella nykyistä paremmin pyöräilyä suosiviksi
- voitaisiinko keskustoissa käyttää enemmän ns. jalankulkuvaihetta, jossa kaikille autoille palaa punainen ja kävelijöiden ja pyöräilijöiden on mahdollista ylittää risteys lävistäjiä pitkin, ja suunnitella yhteenkytkennät tämä huomioon ottaen

Tutkimuksessa tehtiin karkea arviointi korkeusvaihteluiden vaikutuksista pyöräilyn nopeuksiin ja reitinvalintaan. Tutkimustulosten mukaan korkeusvaihteluilla on selkeä vaikutus reitinvalintaan, mikäli korkeuserot ovat merkittäviä, kuten Rovaniemellä. Pyöräilijöiden matka-aika pitenee mäkisillä reiteillä niin paljon, että he valitsevat mieluummin pidemmän ja tasaisemman reitin.

Tuloksia voidaan hyödyntää pyöräteiden ja eri reittien suunnittelussa. Rovaniemen kaltaisen mäkisen kaupungin pyöräilykarttoihin voitaisiin lisätä myös niiden kaltevuus. Navigaattoreita tulisi kehittää siten, että käyttäjä voisi oman mieltymyksensä mukaan painottaa tasaisuutta tai mäkisyyttä tai häiriöpisteiden vähäisyyttä. Lisäksi tuloksia voisi hyödyntää pyöräilyreittien kuvaamisessa julkisissa karttapalveluissa.

Pyöräilymallin reitinvalinnan kehittämiseksi tarvittaisiin myös laajempaa riippumattonta tutkimusta, joka voitaisiin toteuttaa esimerkiksi sijaintitietoa lähettäviä mobiililaitteita pitkäaikaisesti seuraamalla. Menettelyä käytettiin ja sen toimivuus on osoitettu seuraavassa luvussa 4 esitetyssä Jyväskylässä toteutetussa tutkimuksessa. Laajemman tutkimusasetelman tulisi olla sellainen, että tutkittavat henkilöt olisivat satunnaisesti valittuja ja heidän käyttäytymisensä reitinvalintoineen olisi täysin satunnaista. Riittävä havaintomäärä alueiden välisistä matkoista ja nopeuksista matkan homogeenisilla osilla eri kulkutavoin ja reitein antaisi hyvän pohjan yleensäkin liikennemalliprosessien kehittämiseen.

Pyöräilijöiden liikennekäyttäytymistä voidaan ohjata kaupungeissa suunnittelemalla laadukas pyöräilyverkosto niin, että pyöräilijä voi ajaa turvallisesti ja muun liikenteen estämättä. Keskikaupunkialueilla liikenneverkkoa voitaisiin toteuttaa nykyistä enemmän kävelyn ja pyöräilyn ehdoilla. Tämä on mahdollistakin, koska keskustojen pysäköintijärjestelmät keskittyvät yhä enemmän tehokkaisiin laitoksiin vähentäen autoilua pääkatujen ulkopuolella. Monen kaupungin keskustan ajoväyliä pääkatujen ulkopuolella voitaisiin muuttaa hidaskaduiksi. Pyöräilystä tulisi tehdä nopein tapa liikkua kaupunkialueilla.

4 Väyläsuunnitelman toimivuuden mittaaminen pyöräilyn näkökulmasta – case Jyväskylä

4.1 Tutkimuksen tavoite

Tämän tutkimushankkeen tavoitteena oli kehittää pyöräverkon luokittelua ja tutkia verkolla tapahtuvia viivytyksiä mittauksiin perustuen. Hankkeessa pyrittiin tarkentamaan luokittelua ja viivytystietoja siten, että esimerkiksi liikennesuunnitteluohjelmia käytettäessä väylien laatutasojen eroista saadaan uutta tietoa. Tähän päästään käyttämällä todellisuudessa mitattuja nopeuksia ja hidastamistarpeita pyöräverkon eri osissa.

Työssä pilotoitiin GPS-mittausten hyödyntämistä pyöräverkon ominaisuuksien luokitteluissa sekä pyöräverkon mallintamisen tarkentamisessa. Tämän työn menetelmät ja pyöräväyläluokittelu ovat sovellettavissa kaikille kaupunkiseuduille. Pyöräliikenteen mallintaminen korostaa pyöräilyn merkitystä kaupunkisuunnittelussa muiden ajoneuvojen rinnalla, kun tietopohja laajenee ja pyöräilyä käsitellään samoin kuin ajoneuvoliikennettä. Pyöräliikenteen mallien avulla on myös mahdollista kehittää vaikutusten arviointimenetelmiä jatkossa.

Tutkimusalueena oli Jyväskylän seutu.

4.2 Pyöräliikenteen mittaukset

4.2.1 Tutkimusmenetelmä

Työn alkuvaiheessa tehtiin kenttämittaukset. Kerätty mittausaineisto siirrettiin paikakatieto-ohjelmaan, jossa varsinainen analysointi tehtiin. Mittausten perusteella saatiin laskettua kullekin tie- ja katujaksolle mittausten keskimääräinen nopeus sekä liittymissä havaittu keskimääräinen viivytys. Tie- ja katujaksot luokiteltiin ja kullekin luokalle määritettiin omat nopeus- ja viivytysarvot.

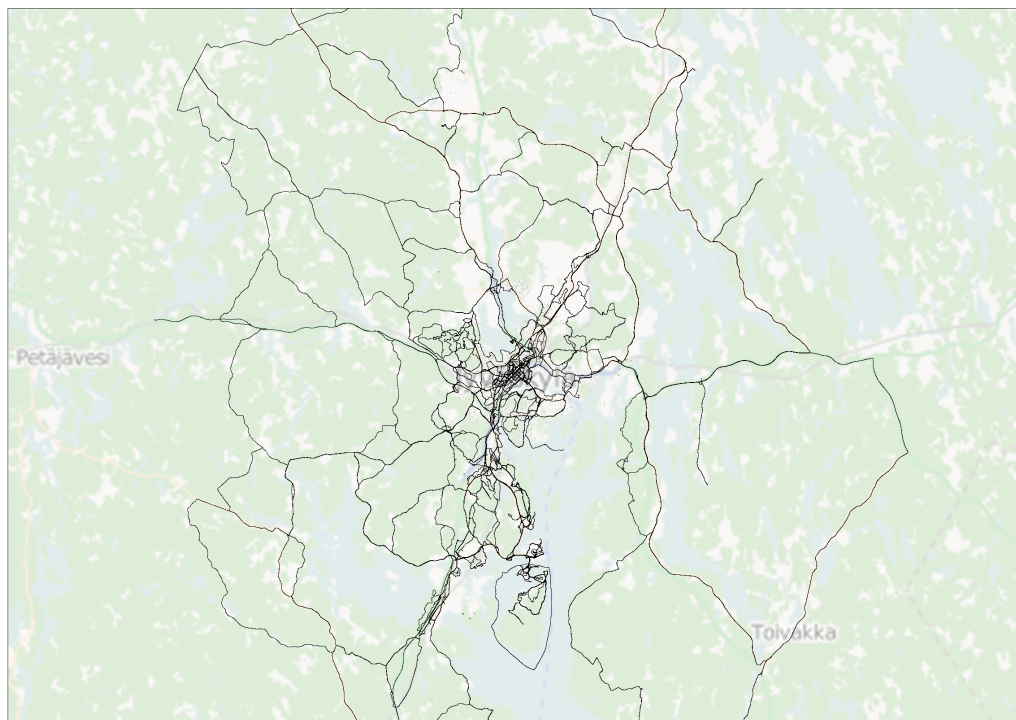
4.2.2 Mittausten teko

Kenttämittaukset tehtiin GPS-mittauksina. Tiedonkeruu tapahtui pyöräilemällä pitkin kaupunkia ja tallentamalla samalla GPS- tiedot. GPS-mittauksessa tallennetaan kuljettu reitti. Mittausten perusteella saadaan tietoa käytetyistä nopeuksista ja reiteistä. Tiedonkeruun toteutti Jyväskylän pyöräilyseura, jonka jäsenet keräsivät satoja havaintomittauksia laajalti Jyväskylän ympäristössä.

Mittaajia oli kaikkiaan runsaat parikymmentä henkilöä. Suuri havaintoaineisto tuo luotettavuutta, kun yksittäiset ja poikkeavat havainnot tavallaan hukkuvat suurempaan massaan. Tämän tyyppisissä mittauksissa suuri havaintomäärä vaikuttakin olevan etu, joka parantaa saatujen tulosten luotettavuutta.

Mittauksia tehtiin erilaisilla laitteilla ja eri aikoina. Jotkut mittaajat toimittivat parina aikaisempaa vuotena kerättyä aineistoa. Liikenneverkossa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia, joten myös näitä vanhempia havaintoja hyväksyttiin mukaan analyysiin. Saadusta aineistosta poistettiin selvästi poikkeavia havaintoja. Poistettujen havaintojen joukossa vaikutti olevan myös joitakin autolla ajettuja mittauksia nopeuksista päätellen. Jotkut mittaajat olivat myös unohtaneet katkaista mittauksen pyöräilyosuuden jälkeen.

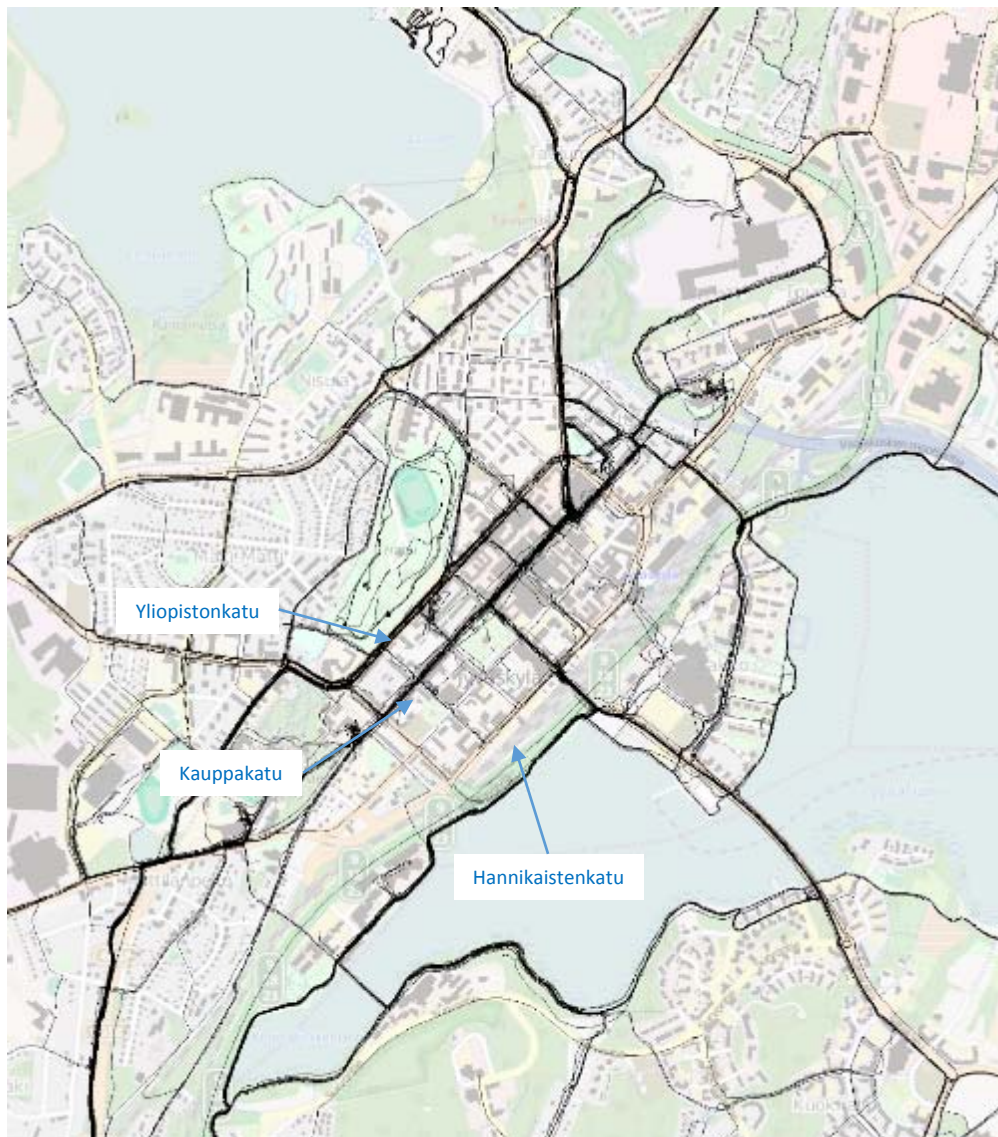
Siten aineistossa oli havaintoja, joissa on selvästi liikuttu keskustassa kävellen. Kaikkiaan hyväksyttyjä havaintoja oli 471 kappaletta. Kaikki mittaukset näkyvät kuvassa 28.



Kuva 28. Pyörämittaukset Jyväskylän ympäristössä

GPS-mittaushavainnot koostuvat peräkkäisistä pisteistä. Itse data koostuu otsikkotiedoista ja niitä seuraavista pisteiden koordinaateista ja kellonajasta. GPS tuottaa myös korkeustiedon, mutta se on hyvin epätarkka.

Kuvassa 29 näkyy pyöräilijöiden käyttämiä reittejä keskustassa. Reitit eivät välttämättä osoita suosituimpia reittejä kaikkien pyöräilijöiden osalta. Tässä on mukana mittauksiin osallistuneiden pyöräilijöiden reitit.



Kuva 29. Mittausaineistosta näkee pyöräilijöiden suosimat reitit

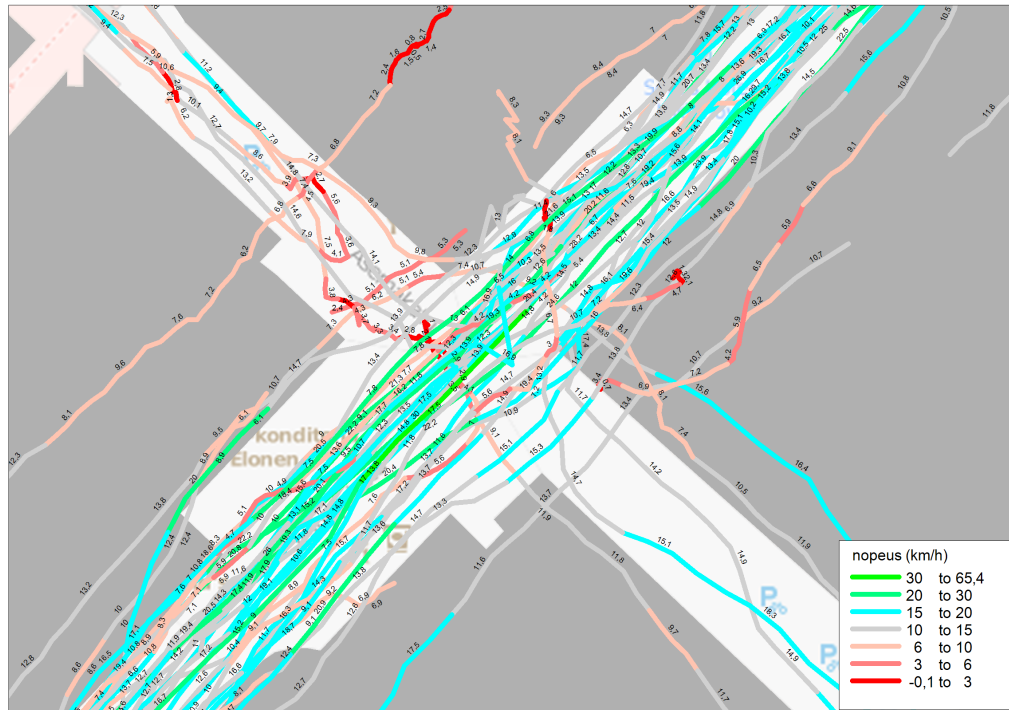
GPS-mittaukset ovat kohtuullisen tarkkoja vapaassa ympäristössä. Keskustan kivi-kaupunkiympäristössä paikannuksen tarkkuus heikkenee. Tämä näkyy havainnollisesti kuvasta 30. Kuvassa jokainen viiva on yksi mittauskerta. Mittausviivat leviävät katu-
jen ympäristöön paikantuen osittain jopa rakennusten päälle. Mittauksien epätarkkuus aiheuttaa lieviä ongelmia jatkoanalyysille.



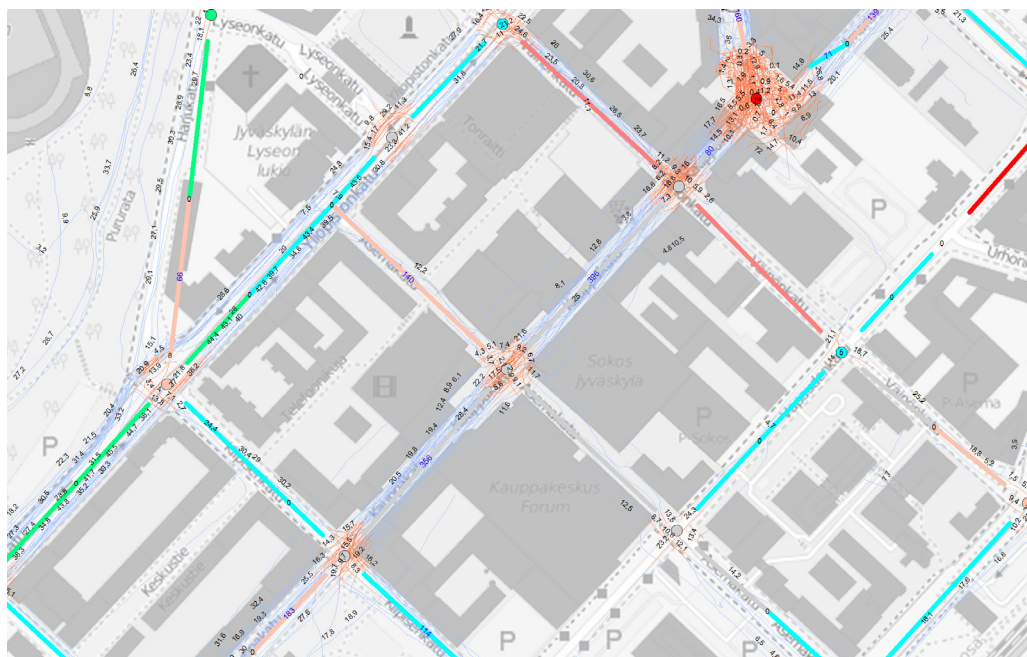
Kuva 30. GPS-mittausten tarkkuus heikkenee kivikaupungissa.

4.2.3 Analysointi

Yksi GPS-mittauskerta on sarja peräkkäisiä pisteitä. Tästä pistejoukosta on mahdollista tehdä viivoja, jolloin mittausten analysointi onnistuu. Yksi mittauskerta pilkotaan osiin. Viivat ovat vektorimuotoisia ja niitä voidaan helposti käsitellä. Mittausviivat ovat eripituisia johtuen käytetystä nopeudesta. Mitä nopeammin ajetaan, sitä pidempiä viivat ovat. Tässä yhteydessä viivalle voidaan laskea pyöräilijöiden käyttämät nopeudet (kuva 31). Kuvassa näkyy nopeus kunkin viivan osalta. Yksi mittaushavainto sisältää nopeita ja hitaita osuuksia. Tätä on havainnollistettu luokittelemalla mittausviivat muutamaa eri nopeusluokkaan. Mittausaineisto on laaja ja sisältää eri suuntiin ajettuja mittauskertoja. Ongelmana oli saada aineisto koottua käyttökelpoiseen muotoon. Yksittäiset havainnot muodostavat sinällään mielenkiintoisen kokooman, joka sekin antaa tietoa pyöräilyn nopeuksista eri puolilla verkkoa sekä uutta tietoa pyöräilijöiden valitsemista reiteistä. Seuraavaksi mittaushavainnoista eriytettiin liittymäalueet ja niiden väliset linjaosuudet (kuva 32).



Kuva 31. Pyöräilijöiden nopeudet Kauppakadulla. Punaiset ovat hitaimpia, alle 10



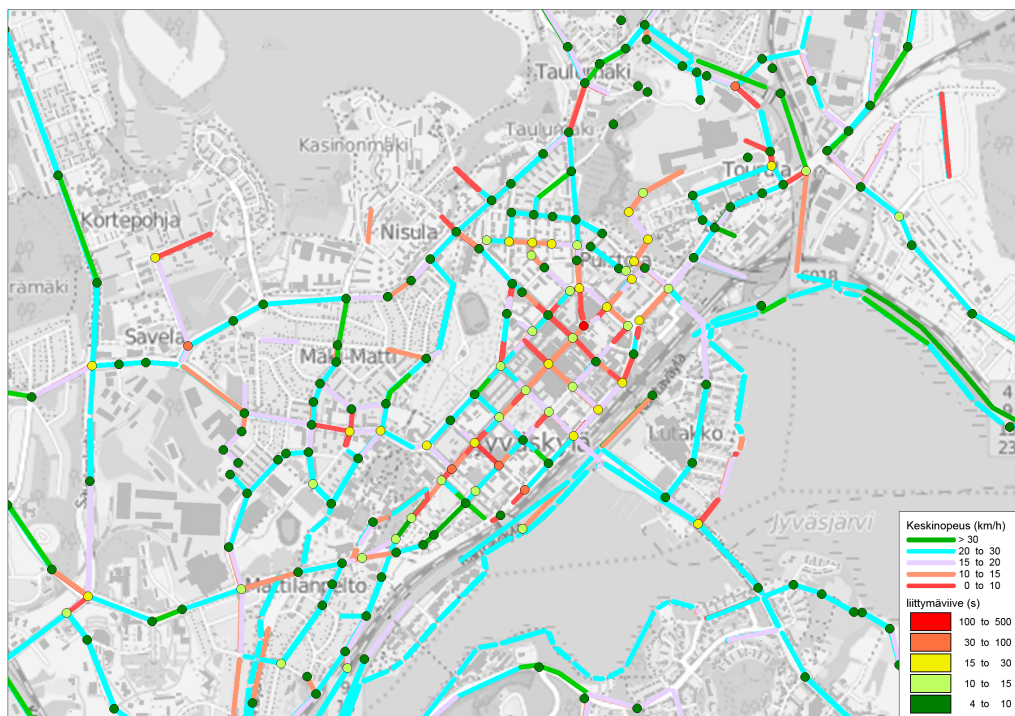
Kuva 32. Mittaushavainnot liittymissä (punaiset viivat) ja linjaosuuksilla (siniset viivat).

Havainnot jaettiin vielä eri suuntiin meneviksi. Kuvassa 33. esitetään mittausviivat suunnittain.

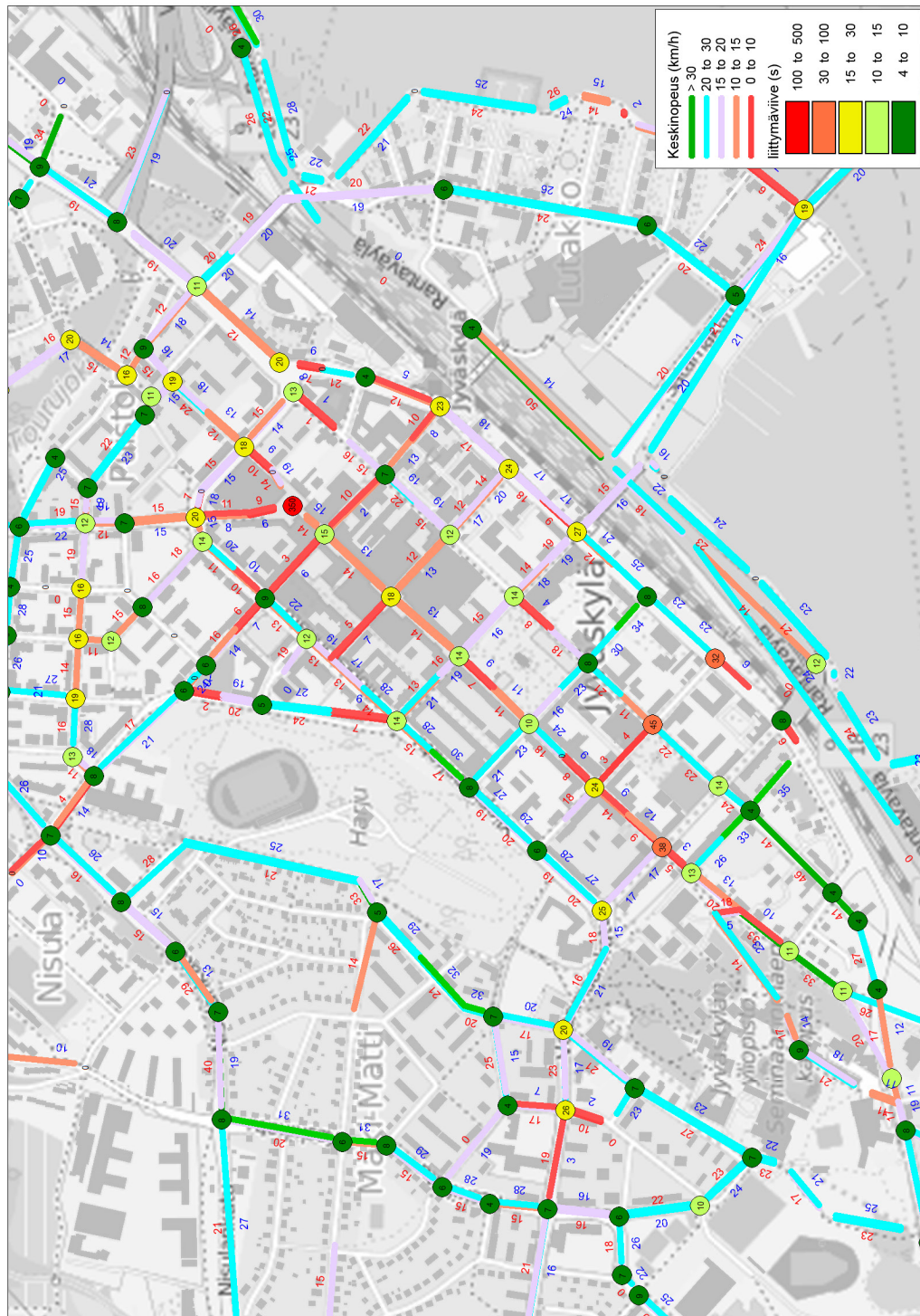


Kuva 33. Mittaushavainnot suunnittain eriteltynä.

Seuraavaksi voitiin mittausaineisto yhdistää katulinkeille (linjaosuudet) ja liittymäsolmuihin (kuvat 34–36). Aineistosta on laskettu linkeille keskinopeudet kaikista katujaksoja kulkeneista havainnoista. Liittymiin on laskettu keskimääräiset viivytykset kaikkien liittymässä tehtyjen havaintojen perusteella. Katujaksoilla esitetään eri suuntien nopeudet erikseen. Lisäksi linkit on jaettu nopeusluokkiin ja liittymät viivytyksen perusteella eri luokkiin. Kuvista näkee havainnollisesti, missä ovat hitaimmat katujaksot ja missä liittymissä tulee suurimmat viivytykset.

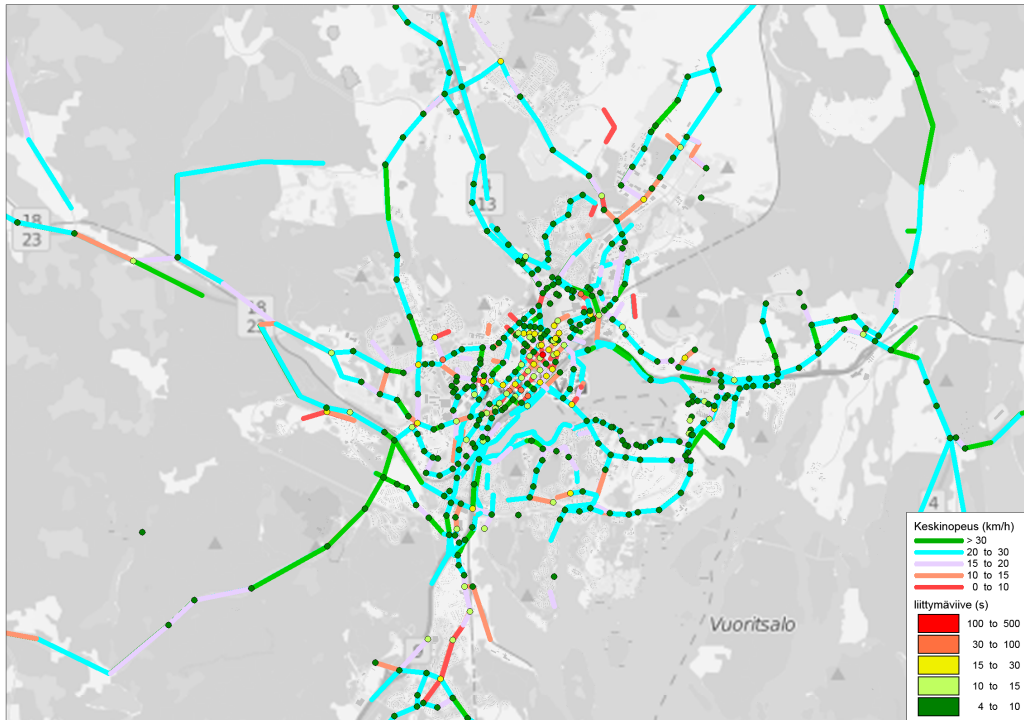


Kuva 34. Katujen ja liittymien jakautuminen nopeus- ja viivytysluokkiin (punainen on hitain ja vihreä on nopea)



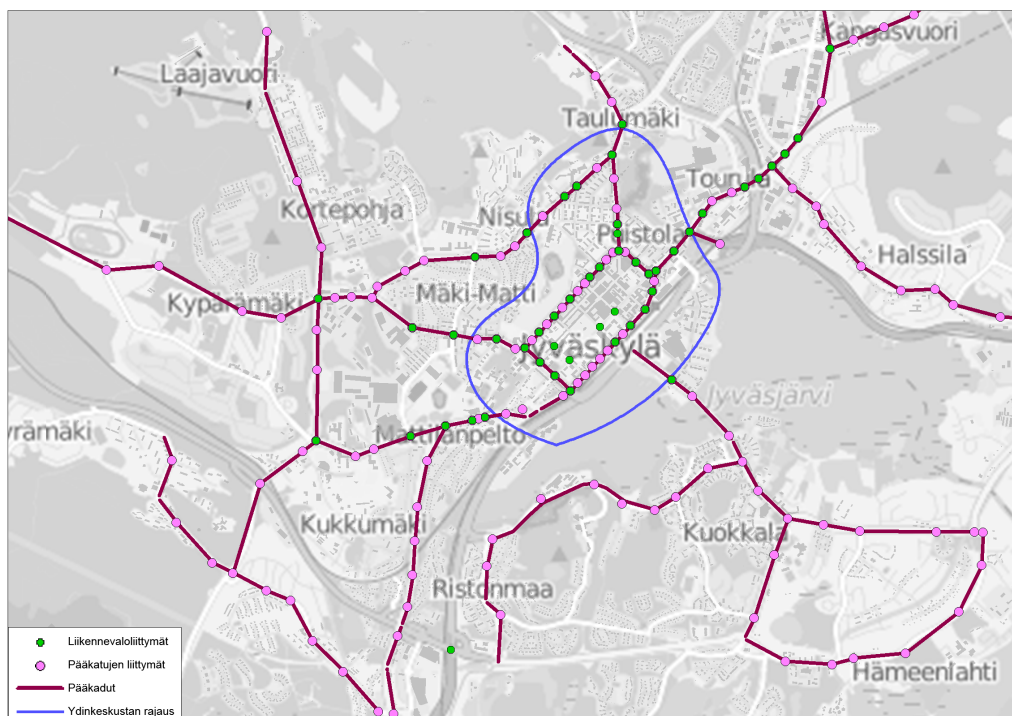
Kuva 35.

Katukohtaiset keskinopeudet ja liittymien keskiviivytykset. Eri suuntien nopeudet ovat eri värillä.



Kuva 36. Keskustan ulkopuolella nopeudet ovat suurempia ja liittymien viivytykset vähäisiä

Aineisto luokiteltiin ydinkeskustaan ja muuhun seutuun, pääkatuihin ja muihin katuihin ja liikennevaloliittymiin ja muihin liittymiin (kuva 37). Näin jaoteltuna aineistosta laskettiin keskinopeudet.



Kuva 37. Pääkadut, käytetty ydinkeskustan raja ja liikennevaloliittymät

Keskimääräiset nopeudet katujaksoilla olivat 17–24 km/h. Ydinkeskustassa nopeustaso oli pääkaduilla 17 km/h ja muilla ydinkeskustan kaduilla 17,4 km/h. Muulla seudulla pääkaduilla oli hieman alhaisemmat keskinopeudet (22,3 km/h), kuin muilla kaduilla (23,6 km/h). Aineisto on jaettu suunnittain. Nopeuksien keskihajonnat ovat suhteellisen suuria. Tarkemmat tulokset esitetään taulukossa 5.

Taulukko 5. Katujaksoille lasketut keskinopeudet ja erisuuntaisten katujaksojen määrä

Ydinkeskusta, pääkatu

nopeusluokka	keskinopeus (km/h)	määrä	keskihajonta
<10 km/h	6,3	10	2,8
10-15 km/h	13,1	19	1,4
15-20 km/h	17,8	33	1,6
20-30 km/h	24,1	25	2,9
>30 km/h	30,5	1	0,0
kaikki	17,4	88	6,1

Ydinkeskusta, muu katu

nopeusluokka	keskinopeus (km/h)	määrä	keskihajonta
<10 km/h	5,7	43	3,1
10-15 km/h	12,9	46	1,5
15-20 km/h	17,6	58	1,5
20-30 km/h	23,3	64	2,4
>30 km/h	36,7	12	6,1
kaikki	17,0	223	8,2

Ydinkeskustan ulkopuolella, pääkatu

nopeusluokka	keskinopeus (km/h)	määrä	keskihajonta
<10 km/h	7,5	7	3,2
10-15 km/h	12,5	12	1,5
15-20 km/h	17,7	39	1,4
20-30 km/h	24,1	99	2,9
>30 km/h	32,9	21	3,1
kaikki	22,3	178	6,5

Ydinkeskustan ulkopuolella, muu katu

nopeusluokka	keskinopeus (km/h)	määrä	keskihajonta
<10 km/h	4,9	65	3,5
10-15 km/h	12,9	103	1,5
15-20 km/h	17,9	262	1,4
20-30 km/h	24,7	894	2,7
>30 km/h	34,7	260	5,1
kaikki	23,6	1584	7,6

Liittymien osalta on laskettu erityyppisten liittymien keskimääräiset viivytykset (taulukko 6). Taulukossa on lisäksi eri viivytysluokkiin jakautuneiden liittymien määrä. Valoliittymissä viivytykset ovat pidempiä kuin valo-ohjaamattomissa liittymissä. Ydinkeskustassa liittymäviivytykset olivat suurempia kuin muulla seudulla. Valoliittymät keskittyvät pääkaduille.

Ydinkeskustan valoliittymissä viivytykset olivat keskimäärin 15,1–20,3 sekuntia. Muulla seudulla viivytykset valoliittymissä olivat 8,2–12,3 sekuntia. Pääkatujen valoliittymissä viivytykset olivat lyhempiä kuin muiden katujen valoliittymissä. Tämä johtunee siitä, että pyöräilijät käyttävät paljon pääkatuja pääsuuntaan ajettaessa. Sivukatujen liittyessä pääkatuun viivytykset ovat todennäköisesti pidempiä. Valo-ohjaamattomissa liittymissä viivytykset olivat ydinkeskustassa 9,5–11,3 sekuntia. Muulla seudulla valo-ohjaamattomien liittymien viivytykset olivat 7,2–7,3 sekuntia.

Liittymien osalta ajosuuntaa ei eroteltu aineistoista. Ajosuuntien erottaminen liittymissä on hyvin vaikeaa, koska GPS-havaintojälki ei pysy paikoillaan, vaan havaintojälki liikkuu hieman satunnaisesti suuntiin joko mittajaan liikkeestä tai laitteiston epätarkkuudesta johtuen. Mittauksien keskihajonnat ovat suuria. Systemaattista linjaa keskihajontojen jakaumassa ei ollut, paitsi valo-ohjaamattomien muiden katujen osalta. Näissä keskihajonnat olivat selvästi pienempiä sekä ydinkeskustassa että muulla seudulla.

Taulukko 6. Liittymien keskimääräiset viivytykset ja liittymien määrä

Ydinkeskusta, pääkatu, valoliittymä				Muu seutu, pääkatu, valoliittymä			
Viivytysluokka	keski-viive	määrä	keski-hajonta	Viivytysluokka	keski-viive	määrä	keski-hajonta
<10 s	7,1	8	1,5	<10 s	6,3	15	1,7
10-15 s	15,5	10	3,5	10-15 s	14,1	5	2,8
15-30 s	27,3	5	5,6	15-30 s			
30-100 s				30-100 s			
>100				>100			
kaikki	15,1	23	8,2	kaikki	8,2	20	3,9
Ydinkeskusta, pääkatu, ei valoliittymää				Muu seutu, pääkatu, ei valoliittymää			
Viivytysluokka	keski-viive	määrä	keski-hajonta	Viivytysluokka	keski-viive	määrä	keski-hajonta
<10 s	5,8	7	1,3	<10 s	5,8	56	1,5
10-15 s	14,2	1	0,0	10-15 s	13,5	4	3,2
15-30 s	29,0	2	3,0	15-30 s	64,0	1	0,0
30-100 s				30-100 s			
>100				>100			
kaikki	11,3	10	9,4	kaikki	7,3	61	7,8
Ydinkeskusta, muu katu, valoliittymä				Muu seutu, muu katu, valoliittymä			
Viivytysluokka	keski-viive	määrä	keski-hajonta	Viivytysluokka	keski-viive	määrä	keski-hajonta
<10 s	7,4	1	0,0	<10 s	8,0	2	0,0
10-15 s	12,9	2	0,9	10-15 s	16,6	2	0,6
15-30 s	23,6	1	0,0	15-30 s			
30-100 s	45,0	1	0,0	30-100 s			
>100				>100			
kaikki	20,3	5	13,4	kaikki	12,3	4	4,3
Ydinkeskusta, muu katu, ei valoliittymää				Muu seutu, muu katu, ei valoliittymää			
Viivytysluokka	keski-viive	määrä	keski-hajonta		keski-viive	määrä	keski-hajonta
<10 s	6,1	21	1,8	<10 s	6,1	422	1,7
10-15 s	14,3	15	2,7	10-15 s	13,7	37	2,6
15-30 s				15-30 s	27,0	11	6,1
30-100 s				30-100 s	40,4	1	0,0
>100				>100			
kaikki	9,5	36	4,6	kaikki	7,2	471	4,5

4.3 Johtopäätökset

GPS-mittausten käyttö osoittautui hyvin käyttökelpoiseksi tavaksi selvittää pyöräverkon viivytyksiä ja ylipäänsä pyöräilyn nopeustasoja. Saadut tulokset ovat luonnollisesti sidoksissa havaintoihin. Mitä enemmän havaintoja saadaan, sitä parempia tuloksia saavutetaan. Lisäksi mittaajien tulisi edustaa kaikenlaisia pyöräilijöitä, jos halutaan tulosten edustavan koko väestön jakaumaa. Toisaalta aktiivisten pyöräilijöiden keräämä aineisto tuottaa hyvän kuvan pyöräverkon viivytyskohdista.

Menetelmänä GPS-aineiston hyödyntäminen on kohtuullisen helppoa. Aineisto on helposti muutettavissa vektorimuotoon, jolloin dataa voidaan käsitellä paikkatieto-ohjelmien avulla. Aineiston työstämisessä olisi vielä kehitettävää muun muassa katujen kaltevuuden käsittelyn osalta. GPS-mittauksia voidaan kerätä harrastajaseurojen tai muun joukkoistamisen avulla. Kun mittaushavaintoja saadaan runsaasti, saadaan hyvää tietoa pyöräilijöiden käyttämistä reiteistä.

Tässä työssä luokiteltua mittausaineistoa voi yhdistää esimerkiksi Emme-liikennesuunnitteluohjelmistossa laaditulle pyöräverkolle. Mitattuja viivytyksiä ja nopeuksia voidaan suoraan hyödyntää Emme-ohjelmistossa. Tämän työn arvoja voidaan soveltaa myös muihin kaupunkeihin. Aineiston jatkojalostaminen olisi vielä mahdollista, muun muassa katutyypiluokittelua voisi tarkentaa.

Emme-verkon käyttö yhdistelyssä on ongelma, sillä verkko ei noudata katujen todennukaisia linjauksia. Emme-verkko on yksinkertaistettu kuvaus, joka paikoin poikkeaa paljonkin oikeista linjauksista. GPS-mittaukset tulisi ohjeistaa siten, että niiden käytettävyys kasvaisi. Olisi hyvä, jos kuhunkin mittaukseen saisi liitettyä perustiedot mitauskerrasta. Esimerkiksi sää- ja kelitieto olisi hyvä lisä.

Keskeiset ongelmat aineiston käsittelyssä:

- mittaushavaintojen vektorointi
- havaintoaineiston käsittely suunnittain
- aineiston kokoaminen katulinkeille (aggregointi). Ongelmana on GPS-havaintojen alueellinen hajonta jopa katualueen ulkopuolelle.

5 Johtopäätökset

Pyöräilyn asemaa ympäristöystävällisenä ja tehokkaana kaupunkiliikennemuotona halutaan korostaa. Samalla tarve ottaa pyöräily aiempaa paremmin huomioon liikennemalleissa ja tuottaa sitä kautta uutta tietoa vaikutusarvioinnin tueksi on kasvanut. Maankäytön suunnittelua tukevassa liikennesuunnittelussa pääpaino on ollut auto-liikenteessä, joka on näihin päiviin saakka kasvanut systemaattisesti asukasmäärien ja vaurastumisen tuoman autotiheyden kasvaessa. Muiden liikkumismuotojen kohdalla ei Suomessa yleensä esiinny autoliikenteen kaltaista liikenteen ruuhkautumista, eikä tarvetta esimerkiksi pyöräilyn tarkempaan mallintamiseen ole riittävästi tiedostettu. Seudulliset ja valtakunnalliset liikennetutkimukset tarjoavat hyvän tietopohjan matkatuotosten, liikenteen suuntautumisen ja kulkutavan valinnan määrittämiseen, mutta reitinvalintaa ei yleensä ole selvitetty matkapäiväkirjatutkimuksissa. Autoilun reitinvalintaa on pystytty arvioimaan runsaiden autoliikennelaskentojen avulla, mutta pyöräilijöiden laskentoja on toistaiseksi tehty varsin vähän.

Tämän työn kolmessa osatutkimuksessa pyöräilyn mallinnusta käsiteltiin erilaisista lähtökohdista ja näkökulmista. Ensimmäisessä tarkasteltiin pyöräilyä, sen kysyntää ja ominaisuuksia, osana kokonaisliikkumista. Muissa osatutkimuksissa pyrittiin parantamaan pyöräilyn nopeuksien arviointia reitinvalinnan parantamiseksi.

Ensimmäisessä osatutkimuksessa esiteltiin Brutus-malli, joka simuloi yksittäisten talouksien ja yksilöiden liikkumiskäyttäytymistä ja siihen liittyviä päätöksentekotilanteita. Malli sisältää kaikki perinteisen neliportaisen mallinnusprosessin vaiheet: matkatuotokset, suuntautumisen, kulkutavan valinnan ja reitinvalinnan koko vuorokauden matkaketjuille. Yksilöiden todennäköiseen käyttäytymiseen perustuvan mallinnustavan etuina tilastoalueisiin perustuviin ryhmämalleihin verrattuna nähdään esimerkiksi ruutupohjaisten lähtötietojen yleispätevyys ja ajantasaisuus, matkaketjujen huomioon ottaminen, ei-kotiperäisten matkojen mallinnus ja matkojen ajankohdan tunnistaminen. Brutus-mallissa yksilöiden käyttäytyminen vastaa liikennetutkimuksissa havaittua käyttäytymistä, mistä syystä suurien käyttäytymismuutosten vaikutuksia ei silläkään voida kattavasti analysoida.

Brutus-mallia hyödynnettiin Lahden kaupungin yleiskaavan vaikutusarvioinnissa. Mallilla osoitettiin, että kaavaehdotuksella ei saavuteta tavoitetta matkojen lyheneemisestä, mikä sinänsä olisi edistänyt pyöräilyä. Pyöräiliikenteen verkoston kehittämällä ja yhteyksien parantamisella ei voida täysin kompensoida kaupunkirakenteen laajenemisesta aiheutuvaa matkojen pitenemistä, jolloin pyöräilyn kulkutapaosuuden merkittävää kasvua nykytilanteeseen verrattuna ei ole odotettavissa. Nähtäväksi jää, missä määrin kaavaehdotuksen avulla voidaan parantaa pyöräilyn asemaa liikennejärjestelmässä ja saada aikaan uusia pyöräilyä tukevia käyttäytymismalleja.

Toisessa osatutkimuksessa (luku 3) oli lähtökohtana liikennetutkimuksista ja -malleista saatu pyöräilyn havaittu kysyntä (lähtöpaikka-määräpaikka -matriisi). Tavoitteena oli selvittää tarkemmin pyöräilyn nopeuksia erilaisilla väylillä reitinvalinnan parantamiseksi liikennemallissa. Tutkimuksen kenttämittaukset tehtiin Oulussa ja tuloksia sovellettiin Oulun lisäksi Joensuussa, Kokkolassa ja Rovaniemellä. Lisäksi osatutkimuksessa tehtiin internet-haastattelu mainituissa kaupungeissa pyöräilyn reitinvalintaan liittyvien tekijöiden selvittämiseksi.

Haastattelututkimus kohdistui tutkimusmenetelmästä johtuen pääosin aktiivisiin pyöräilijöihin. Yli puolet tehdyistä matkoista oli työ- tai opiskelumatkoja. Pyöräilyväylänä haastatellut arvostivat eniten eroteltua pyörätietä; eniten pyöräiltiin kuitenkin yhdistetyillä pyöräilyn ja jalankulun väylillä. Reitinvalinnan tärkeimmäksi perusteeksi nousi liikenneturvallisuus; lähes yhtä tärkeänä pidettiin matka-aikaa ja etäisyyttä. Tästä seuraa, että liikenneturvallisuutta on syytä korostaa pääreittien suunnittelussa ja kehittää mittareita, joilla liikenneturvallisuutta voidaan arvioida. Reitinvalinnan lisäksi liikenneturvallisuus vaikuttaa todennäköisesti myös pyörän valintaan kulkutapana.

Kenttämittaukset kohdistettiin Oulun ydinkeskustaan ja sen reuna-alueille. Risteysten videokuvauksilla selvitettiin pyöräilijöiden kokemia viivytyksiä erilaisissa konfliktipisteissä. Tutkamittauksin selvitettiin nopeuksia erilaisilla väylätyypeillä. Pyöräilynopeuksien hajonta oli kussakin mittauspisteessä suurta. Suurimmat keskinopeudet havaittiin erillään autoväylistä sijaitsevilla väylillä (18 km/h) ja pienimmät ydinkeskustassa kävelykadulla (11–14 km/h), jossa kävelijöiden määrä vaikutti selvästi nopeuksiin. Ylämäessä koettu haitta on suurempi kuin alamäessä koettu hyöty, jolloin tasainen maasto tuottaa suuremman keskinopeuden. Liikennevalo-ohjatun suojatien ylityksestä koitui keskimäärin 20 sekunnin viivytys.

Havaittuja nopeus- ja viivytysarvoja testattiin sijoittelemalla pyöräliikennettä tutkimuskaupunkien liikennemalleilla. Verrattuna vakionopeuksin tehtyihin sijoitteluihin pyöräilyä hakeutui pois runsaasti liikennevalo-ohjausta sisältäviltä reiteiltä vähemmän häiriöitä sisältäville, korkealaatuisille reiteille. Selkeimmin tämä näkyi Oulussa, jossa pyöräilyn pääreittejä on pyritty erottamaan autoliikenteen pääreiteistä. Rovaniemellä testattiin korkeusmallin hyödyntämistä pyörätieverkossa, jolloin pyöräilyä siirtyi jonkin verran lyhimmiltä mäkisiltä reiteiltä hieman pitemmille tasaisille reiteille.

Kolmas osatutkimus keskittyi myös matka-aikojen ja viivytysten mittaamiseen. Dataa kerättiin pyöräilemällä Jyväskylässä vapaavalintaisia reittejä ja keräämällä tietoa GPS-paikannusta hyödyntävällä mobiilisovelluksella. Pää tavoitteena oli kehittää pyöräväyliä laatuluokitustietoa matka-aikojen ja viivytysten perusteella. Mittauksia tehtiin niin runsaasti, että kaikilta Jyväskylän keskustan merkittäviltä pyöräilyväyliltä saatiin riittävästi havaintoja väyläluokituksen pohjaksi. Esimerkiksi ydinkeskustan valoliittymissä viivytykset olivat keskimäärin 15–20 sekuntia (vrt. Oulussa 20 sekuntia) ja muualla 8–12 sekuntia. Mittauksista saatua nopeus/viivytys -karttaa voidaan hyödyntää suoraan liikennemallissa pyöräilyverkon nopeuksien ja matka-aikojen laskennassa.

Työssä pilotoitu mittausjärjestelmä osoittautui toimivaksi ja on sovellettavissa missä tahansa kaupungissa. Mittaajat olivat Jyväskylän pyöräilyseuran jäseniä, eli kokeneita pyöräilijöitä. Menettelyn yleispätevyyden parantamiseksi mittaajien tulisi edustaa satunnaista pyöräilijää, jolloin nopeuksien ja viivytyksien hajonnat olisivat todennäköisesti hieman suurempia ja keskinopeudet alhaisempia.

Osatutkimuksissa 2 ja 3 saavutettuja tuloksia voidaan hyödyntää kaikissa liikennemalleissa mallinnustavasta riippumatta, myös parantamaan Brutus-mallissa käytetävän pyöräilyverkon kuvausta ja reitinvalintaa. Kaikilla osatutkimuksilla parannetaan sekä pyöräilyn kuvausta liikennemalleissa että mahdollisuuksia nostaa pyöräilyn asemaa kulkutapana.

Tutkimusten perustana oli pyöräliikenteen saavutettavuuden kuvauksen parantaminen. Edelleen tarvitaan lisää tietoa muun muassa liikenneturvallisuuden vaikutuksista pyöräilyyn sekä kulkutavan että reitinvalinnassa. Myös reitinvalintaan vaikuttavien keskeisimpien tekijöiden selvittäminen matkaryhmittäin olisi kiinnostava jatkotutkimuskohde. Lisäksi pyöräilyn terveysvaikutuksia konkretisoimalla voitaneen edistää pyöräilyä. Merkittävä heikkous liikennemalleissa on niiden perustuminen yleensä havaittuun käyttäytymiseen, jolloin merkittävien asennemuutosten tai liikennekulttuurin kehittymisen vaikutuksia niillä ei voi suoraan analysoida.

ISSN-L 1798-6656
ISSN 1798-6664
ISBN 978-952-317-254-8
www.liikennevirasto.fi

Liik
enne
vira
sto